4/15

Schakelingen voor licht-regeling

Inhoud

[1] Dit hoofdstuk heeft een eigen inhoudsopgave

4/15.1

Een professionele belichtings-regeling

In dit hoofdstuk zal een uit diverse componenten samengestelde universeel toepasbare belichtings-regeling worden beschreven, ontworpen en gebouwd volgens professionele normen.
Het geheel kan zowel gebruikt worden door kleine amateur theatergezelschappen of muziekgroepjes als betaalbaar alternatief voor de zeer dure commerciële systemen, door fotografen die zich met model- of table-top-fotografie bezig houden, door restaurant- of cafe-houders die hun instelling van sfeerlicht willen voorzien of door winkeliers die iets speciaals van hun etalage-verlichting willen maken.
Het volledige systeem bestaat uit vijf basis-schakelingen, die willekeurig en naar persoonlijke behoefte met elkaar gecombineerd kunnen worden.

De minimum configuratie, samengesteld uit twee basis-schakelingen, vormt een volwaardig podium-belichtingssysteem met drie kanalen van elk maximaal 600 W en de volgende regelmogelijkheden:

- twee preset-instellingen voor de drie kanalen;
- een cross-fader voor het overschakelen van de ene naar de andere preset-instelling;
- een master-fader;
- drie flash-aanraakschakelaars;
- een algemene black-out schakelaar;
- een gestandaardiseerde regel-karakteristiek van 0 tot +10 V.

Dit systeem kan naar believen per drie kanaal uitgebreid worden.

In de maximale configuratie kan men het systeem uitbouwen tot een volwaardige belichtingsinstallatie met ieder gewenst aantal kanalen (weliswaar in veelvouden van drie) met een maximaal vermogen van 2 kW per kanaal.

Tot slot zal een geluids-modulator beschreven worden, waarmee men een lichtorgel met drie kanalen van ieder 600 of 2000 W kan samenstellen.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

4/15.1.1

Systeem-beschrijving en algemene principes

Inleiding

Iedere elektronica doe het zelver heeft wel eens ooit een lichtdimmertje in elkaar gesleuteld. Waarschijnlijk een van de eenvoudigste elektronische schakelingen die bestaan. Een triac, enige weerstandjes, een condensator, een ontstoor-spoeltje en klaar is kees!
Het mag dan misschien enige verbazing wekken dat professionele lichtdimmers meerdere honderden guldens per kanaal kosten.
Overmatige bedrijfs-winst?
Niets is minder waar!
De huis-, tuin en keuken-dimmers zijn in feite levensgevaarlijke apparaatjes, die onmiddellijk verboden zouden moeten worden. Niet alleen gevaarlijk maar ook zeer milieu-onvriendelijk.
Het gevaar zit hem in de directe koppeling tussen het net en de potentiometer, waarmee men de intensiteit kan instellen. Een klein kortsluitinkje en de knop op de potentiometer staat op een levensgevaarlijke spanning. Vandaar dat aan goede dimmers steeds de eis wordt gesteld van een volledige galvanische scheiding tussen het net en de bedienings-elementen.
Het kleine toroide-vormige spoeltje waarmee de meeste goedkope dimmers zijn uitgerust en dat bedoeld is om de hoogfrequente storingen van het fase-aansnij-proces te onderdrukken, zit er in feite hoofdzakelijk voor de show in. De onderdrukkende eigenschappen van zo'n onderdeel zijn verwaarloosbaar.
Er zijn door diverse instanties normen gesteld waaraan de ontstoring van fase-aangesneden schakelingen moet voldoen. Deze zijn terecht zeer streng en het voldoen aan deze normen vergt een aantal speciale onderdelen, die vaak meer kosten dan de eigenlijke dimmerschakeling! De in dit hoofdstuk beschreven dimmers voldoen aan deze normen.
Tot slot wordt aan professionele installaties de eis gesteld dat zij aangestuurd kunnen worden door een gelijkspanning. Er bestaat zelfs een soort standaardisatie, die door de meeste fabrikanten wordt opgevolgd. Het volledige regelbereik tussen 0 en 100% intensiteit moet worden bestreken door een regelspanning van 0 tot +10 V.
De meeste schakelingen zijn bovendien uitgerust met een lineariteits-schakeling, die er voor zorgt dat er een min of meer lineair verband bestaat tussen de grootte van de regelspanning en de intensiteit. Dus: +5 V spanning komt ongeveer overeen met ongeveer 50% intensiteit.
De 2 kW dimmer uit het beschreven systeem werkt met zo'n lineariserings-schakeling.

Het systeem

Zoals reeds gezegd in de inleiding is het

beschreven professionele systeem samengesteld uit vijf basis-schakelingen. Deze worden nu in het kort besproken.

– LDP-03/600
Een drie-kanaals print die drie maal 600 W kan regelen en aangestuurd wordt met drie regelspanningen tussen 0 en +10 V.
Deze print levert bovendien twee voedingsspanningen af van ±15 V, die ter beschikking staan voor het voeden van de elektronische schakelingen die de stuur-spanningen genereren.

– LDP-01/2000
Een eenkanaals-print met een regel-vermogen van 2000 W en bedoeld voor het aansturen van grote volg-spots op het toneel, zaal-verlichtingen of voetlicht-opstellingen op het podium. Ook deze print levert ±15 V af voor de besturings-schakelingen.
– LLC-03-S
Een drie-kanaals regelprint in de 'alles op de print'-stijl, met in totaal acht schuifpotentiometers: drie voor het instellen van de eerste preset, drie voor het instellen van de tweede preset, een voor het overschakelen van de ene naar de andere voorinstelling en een als totaal-regelaar. Daarnaast bevat deze print drie aanraak-schakelaars die, bij aanraken, een kanaal 100% uitsturen en een tuimel-schakelaar die alle kanalen volledig donker stuurt. Deze print wordt gevoed uit de ±15 V van een van de dimmer-prints en levert drie 0 tot +10 V uitgangen voor het aansturen van de drie kanalen van een LDP-03/600 print of voor het activeren van drie afzonderlijke LDP-01/2000 prints.
Daarnaast zijn twee uitgangen aanwezig voor het aansturen van de ......

– LLC-03-ES
Een uitbreidings- of expander-print, waarmee het mogelijk drie extra kanalen van stuur-spanningen te voorzien. Deze print bevat drie schuifpotentiometers voor de eerste preset en drie voor de tweede. Deze preset's worden bediend door de cross- en de master-fader van de LLC-03-S.
Deze print biedt echter geen flash-schakelaars. De black-out van de LLC-03-S werkt echter wel door op de extra kanalen.

– LMC-03
Een geluidsmodulator, die uit de aangeboden muziek-informatie drie stuurspanningen afleidt waarvan de grootte een maat is voor het volume van een bepaalde frequentie-band uit het audio-signaal. Deze print vormt samen met de LDP-03/600 een drie-kanaals 3 x 600 W lichtorgel.

Enige opmerkingen
De dimmer-schakelingen zijn geschikt voor het sturen van alle mogelijke soorten lampen die werken volgens het gloeidraadprincipe. Dus zowel normale gloeilampen als de speciale halogeenlampen die in theater-spots worden gebruikt. De dimmers zijn zwaar overgedimensioneerd, zodat zij zonder meer in staat zijn de grote inschakelstromen te leveren, die halogeenspots tijdens het opwarmen van het net afnemen. Bovendien zorgen de uitgebreide ontstoorschakelingen ervoor dat deze piek-stromen gedempt worden.
De dimmers kunnen echter niet gebruikt worden voor het regelen van TL- of PL-buizen!
Hoewel de dimmer-schakelingen voorzien zijn van zekeringen, zal bij kort-

15.1 Een professionele belichtings-regeling

sluiting in de meeste gevallen de triac eerder het loodje leggen dan de zekering.
De meeste commerciële installaties werken met veelvouden van zes kanalen. Dat bij dit systeem is gekozen voor een basissysteem van drie kanalen heeft een goede reden.
Drie maal 2 kW is gelijk aan 6 kW, een vermogen dat door een met een zekering van 25 A beveiligde fase net opgebracht kan worden. Bij uitgebreide installaties kan men dus steeds drie 2 kW dimmers op één fase van een draaistroom-aansluiting aansluiten.

Drie voorname eisen

Aan een professionele lichtregel-installatie worden, zoals reeds gezegd, drie eisen gesteld. Om nog eens even samen te vatten:
- ontstoring volgens DIN-normen;
- galvanische scheiding tussen dimmer- en besturings-schakelingen;
- aanstuurbaar met een gelijkspanning tussen 0 en +10 V.

Deze drie eisen zullen in afzonderlijke paragraafjes behandeld worden.

Ontstoring

Een dimmer werkt volgens het principe der fase-aansnij-sturing. Het vermogen van de lamp wordt geregeld door de in serie met de lamp opgenomen elektronische aan/uit-schakelaar, de triac, te ontsteken op een bepaald moment in het verloop van een halve sinus-periode van de 50 Hz netspanning. Als de netspanning op de maximale top zit is de waarde gelijk aan:

$$U_m = U_{eff} \times \sqrt{2} = 220\ V_{eff} \times 1{,}41 = 310\ V$$

Een zuiver ohmse verbruiker van 2 kW heeft een inwendige weerstand van:

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{220^2}{2000} = \frac{48400}{2000} = 24{,}2\ \Omega$$

Zou de triac inschakelen op de top van de netspanning dan is de waarde van de inschakelstroom:

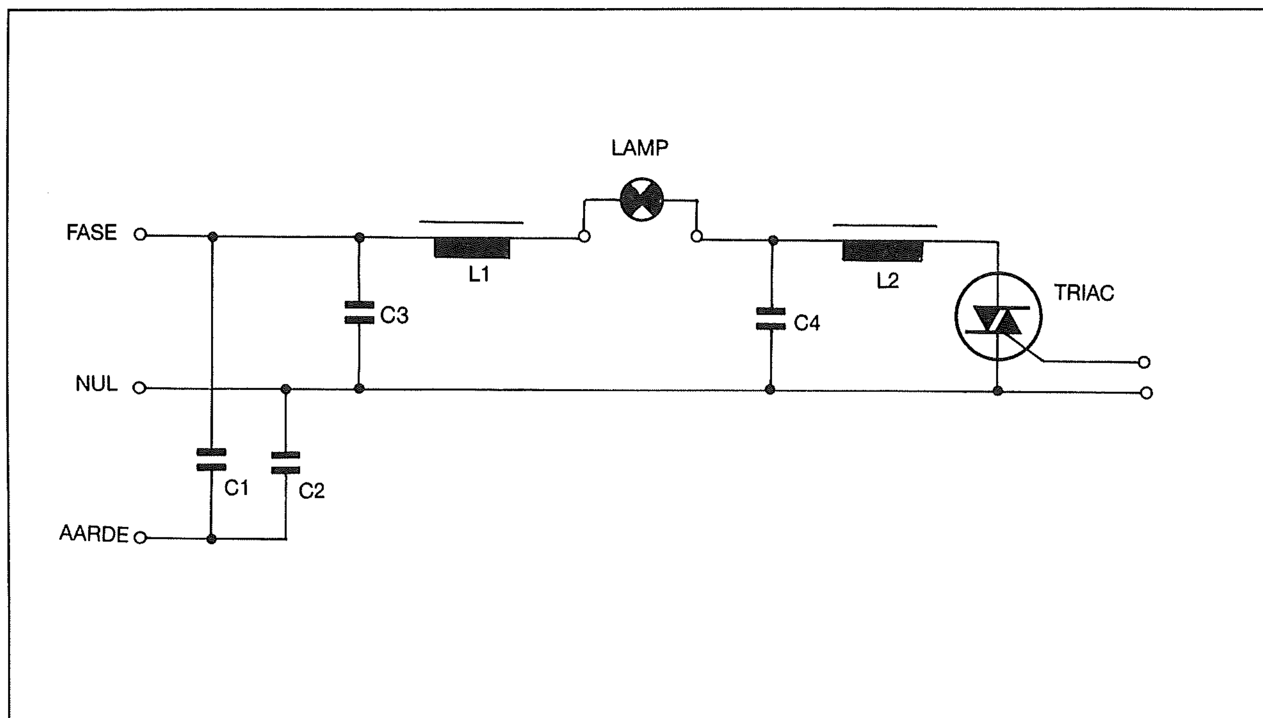
$$I_t = \frac{U}{R} = \frac{310}{24{,}2} = 12{,}8\ A$$

De triac schakelt van sper naar geleiding in enige μs.
De stroom gaat dus in dezelfde korte tijd naar zijn maximale waarde en dit verschijnsel veroorzaakt een heleboel hogere harmonischen van de netspanning (lopende tot in de honderden kHz) in de geleiders. Deze wekken een elektromagnetisch veld op en gaan dus als het ware als zend-antenne dienen voor de hogere harmonischen. Deze elektromagnetische golven kunnen de ontvangst van radio, TV en telecommunicatie in de verre omgeving van de dimmer behoorlijk storen.
Het komt er dus op aan deze elektromagnetische hoogfrequente golven zoveel mogelijk te onderdrukken en daarvoor staan twee methoden ter beschikking.

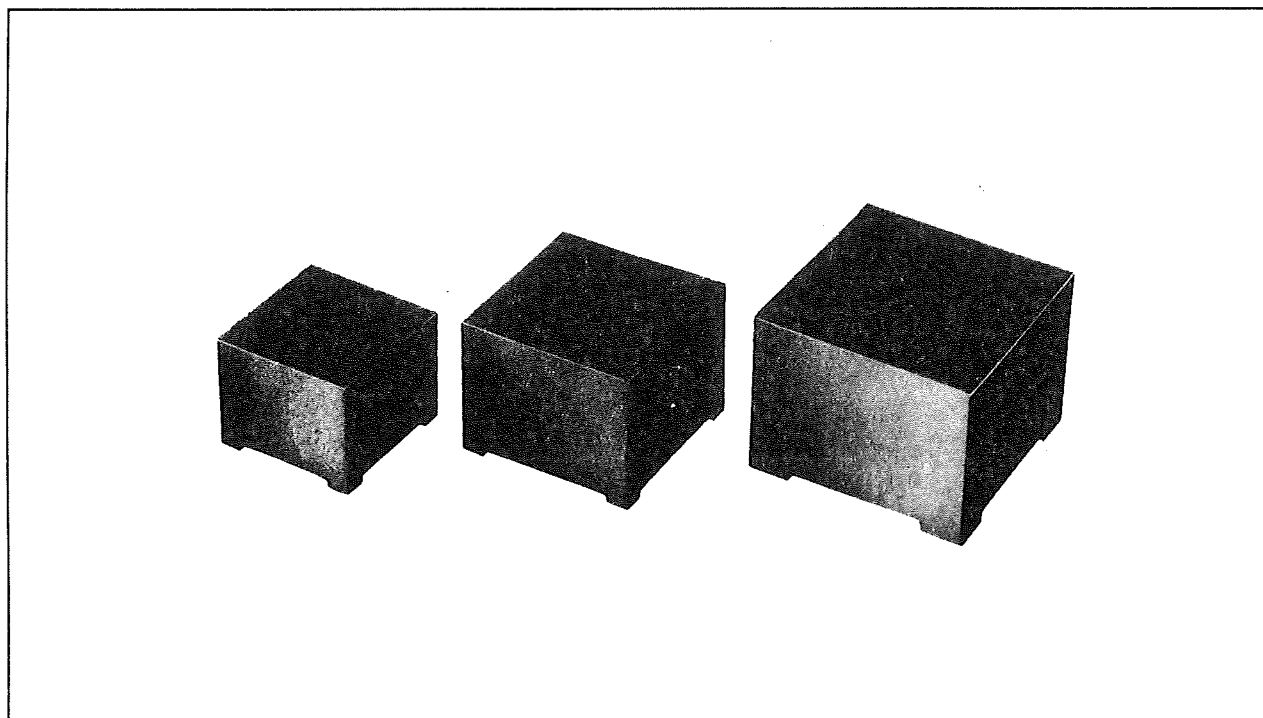
15.1 Een professionele belichtings-regeling

Op de eerste plaats kan men laagdoorlaatfilters in serie met de lamp en de triac opnemen. Deze vormen een lage impedantie voor de 50 Hz van het net, maar een hoge voor de hoge harmonischen. Deze zullen dus in hoofdzaak over het filter blijven staan en de hoogfrequente stroom neemt af.
Op de tweede plaats kan men er voor zorgen dat de inschakelstroom niet plotsklaps van 0 tot de maximale waarde stijgt. Hoe groter de stijgtijd van een signaal, hoe minder hogere harmonischen het signaal bevat en hoe kleinere hoogfrequente stromen er in de stroomvoerende leidingen zullen vloeien.
Beide methoden worden toegepast in het basis-schema van figur 4/15.1.1-1.
De kringen C3/L1 en C4/L2 vormen laagdoorlaatkringen, die ervoor zorgen dat de impedantie van de serie-schakeling net-lamp-triac toeneemt naarmate de frequentie van de signalen stijgt.
Let op het feit dat er twee LC-kringen aanwezig zijn en niet een, zoals in alle goedkope dimmers het geval is!
De enige manier om de stijgtijd van de inschakelstroom te begrenzen is gebruik te maken van spoelen met een grote inductiviteit. Hoewel deze spoelen bestaan zou toepassing van dergelijke onderdelen ook nadelen hebben, zoals bijvoorbeeld ontoelaatbare faseverschuivingen tussen stroom en spanning.
Vandaar dat gebruik wordt gemaakt van zogenaamde verzadigingsspoelen. Deze bestaan uit koperdraad, gewikkeld rond een kern van een speciaal magnetisch materiaal. Bij het inschakelen van de triac (stroom gelijk aan nul) hebben deze spoelen een grote inductiviteit. Naarmate de stroom stijgt zal de magnetische kern in verzadiging komen, waardoor de zelfinductie van de spoel daalt.
Het gebruik van deze speciaal voor dit soort toepassingen ontwikkelde en helaas zeer dure spoelen heeft nog een voordeel. Door het begrenzen van de stijgtijd van de stroom neemt de levensduur van de ook zeer dure halogeenlampen toe. De gloeidraad van een lamp is namelijk spiraalvormig rond een drager gewikkeld. In deze spiraal ontstaat een magnetisch veld, waardoor de wikkelingen gaan trillen. Hoe hoger de stroom, hoe meer trilling en hoe sneller de gloeidraad door metaal-moeheid het zal begeven. Het begrenzen van de piekstroom door toepassen van verzadigde smoor-spoelen in triac-schakelingen begrenst de piekstroom en daarmee ook de mechanische agitatie van het filament van de lamp.
Tot nu toe hebben wij het uitsluitend gehad over stoorsignalen die ontstaan in de serie-schakeling fase/lamp/triac/nul.
Zowel lichtapparatuur als spots zijn echter geaard. Tussen de drie parallel lopende aders (fase, nul en aarde) bestaat een capaciteit en deze heeft tot gevolg dat er asymmetrische stoorstromen gaan lopen tussen de nul en de aarde en tussen de fase en de aarde. Deze stromen kunnen alleen gedempt worden door de capaciteit tussen aarde en fase en tussen aarde en nul gelijk te maken. Men schakelt dus twee identieke condensatoren (C1 en C2 in het schema van figuur 4/15.1.1-1) tussen aarde en nul en tussen aarde en fase. In principe zou men de waarde van deze onderdelen zo groot mogelijk moeten maken. Veiligheidsvoorschriften verbieden dat. Er vloeit door deze onderdelen

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.1-1: Ontstorings-circuit voor fase-aansnijsturingen dat voldoet aan de door DIN gestelde normen wat betreft onderdrukking van hoge harmonischen.

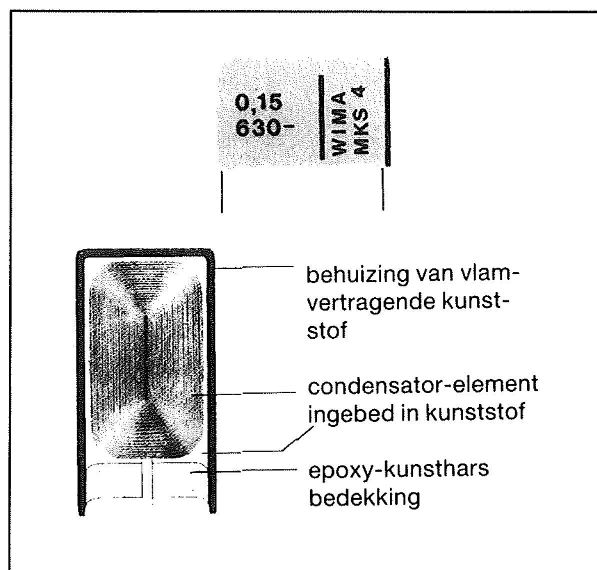


Figuur 4/15.1.1-2: De reeks RI 400 ontstoorspoelen met verzadigbare kern van Schaffner zijn speciaal ontworpen voor het gebruik in triac-ontstoor-schakelingen.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

immers een stroom naar aarde en zou om de een of andere reden de aardleiding van spot of metalen dimmerkast slecht (of niet!) met de net-aarde verbonden zijn, dan zou er bij het aanraken van het metaal van de spot of de behuizing een gevaarlijke stroom via het lichaam naar de aarde kunnen afvloeien. Vandaar dat de maximaal toegestane waarde van deze condensatoren gelijk is aan 2,2 nF.
De verzadigde smoor-spoelen worden slechts door enkele fabrikanten op de markt gebracht. Figuur 4/15.1.1-2 geeft de volledig ingegoten uitvoeringen van de serie RI 400 van het zwitserse fabrikaat Schaffner. Deze zijn verkrijgbaar voor maximale stromen tussen 1,5 en 35 A. Het enige dat niet ideaal is aan deze onderdelen is de prijs: voor een 3 A spoeltje moet men ongeveer *f* 15,– neertellen! Toch wordt ten stelligste aangeraden deze onderdelen in de beschreven schakelingen te gebruiken.
Het feit dat deze spoelen voor particulieren nauwelijks verkrijgbaar zijn wordt ondervangen door het aanbieden van bouwpakketten.

Alle in het ontstoor-netwerk aanwezige condensatoren zijn geschakeld tussen twee punten die ofwel de netspanning altijd voeren, ofwel waartussen onder bepaalde omstandigheden de volledige netspanning kan staan. Het hoeft hopelijk geen nadere toelichting dat men voor deze onderdelen geen standaard MKH-condensatoren kan gebruiken! Een doorslagspanning van minstens 450 V is noodzakelijk en beter nog is het de gemetaliseerde polyester condensatoren van het type MKS 4 van WIMA toe te passen. Deze zijn bestand tegen spanningen van 630 V_{DC} en zijn, zoals blijkt uit figuur 4/15.1.1-3, lucht- en dus ook vochtdicht ingegoten in een onbrandbare kunststof behuizing.

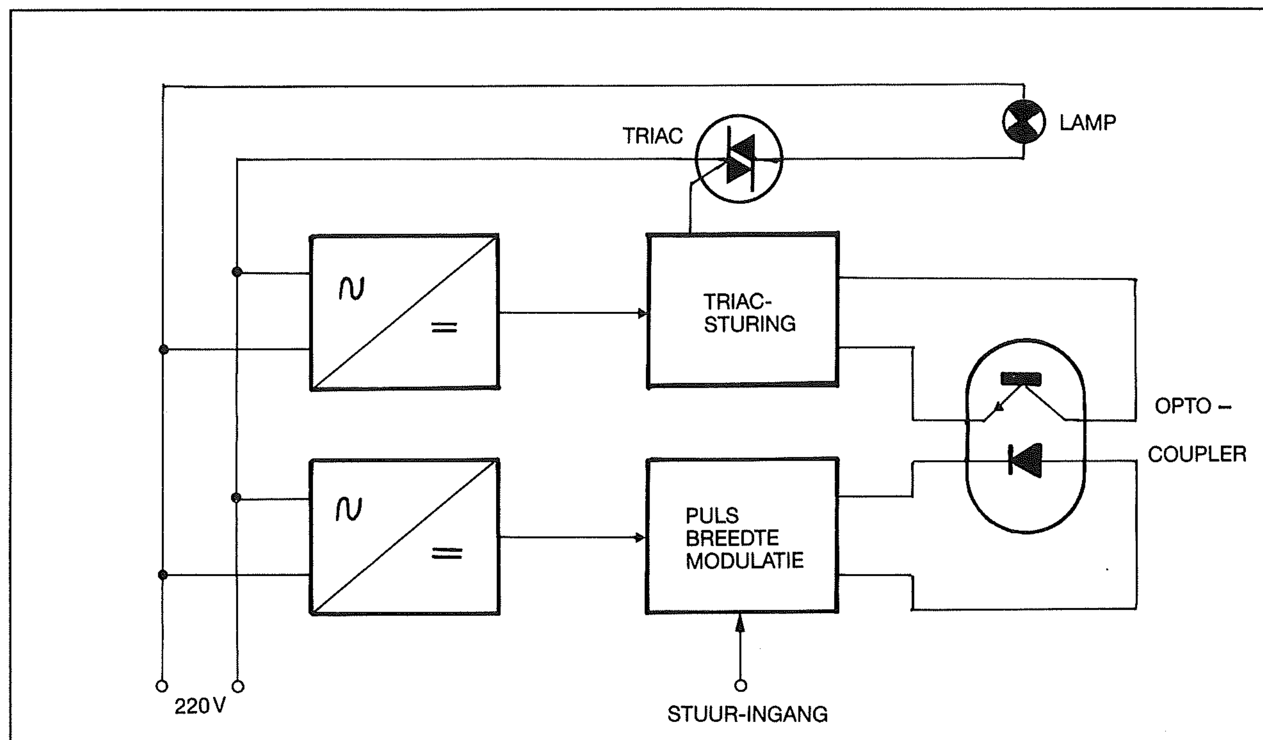


Figuur 4/15.1.1-3: De WIMA MKS 4 polyester condensatoren zijn niet alleen elektrisch (630 V doorslagspanning!) maar ook constructief (vochtdicht en vlamdovend) uitermate geschikt voor toepassing in ontstoor-systemen.

Galvanische scheiding

Het probleem bediening en regeling volledig galvanisch te scheiden kan tegenwoordig vrij eenvoudig opgelost worden volgens het principe van figuur 4/15.1.1-4. De stuurspanning tussen 0 en +10 V wordt in een pulsbreedte-modulator omgezet in synchroon met de netspanning verlopende pulsen, waarvan de breedte stijgt naarmate de stuurspanning groter wordt. Deze pulsen worden aangeboden aan de infrarode LED van een optische koppelaar. Het pulserende licht wordt opgevangen door de fotogevoelige transistor van de koppelaar. Deze gaat geleiden gedurende de pulsperiode en deze geleiding

15.1 Een professionele belichtings-regeling



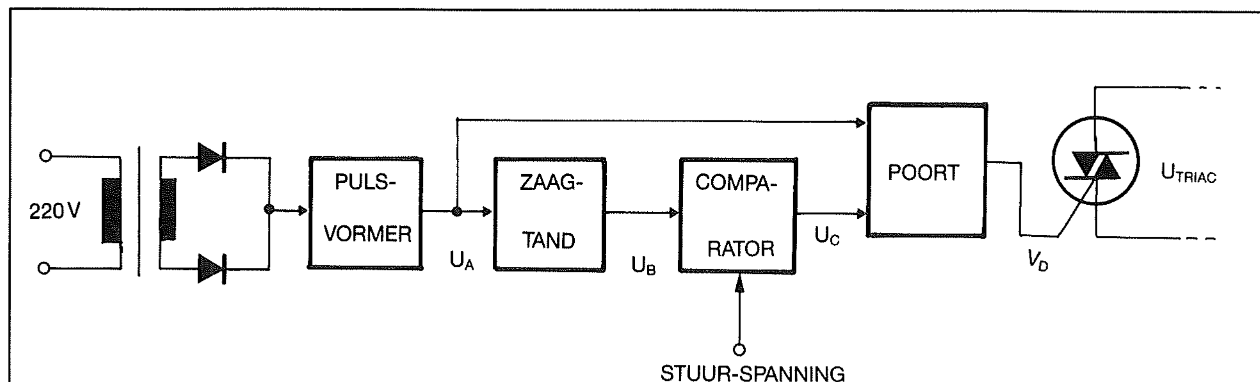
Figuur 4/15.1.1-4: Volledige galvanische scheiding tussen triac en bediening wordt gerealiseerd door het toepassen van twee afzonderlijke voedingen en een optische koppelaar.

wordt omgezet door de triac-sturing in een gate-stroom voor de triac.
Deze schakeling werkt uitstekend en heeft talloze voordelen op de vroeger vaak toegepaste (en nu nog steeds in vele professionele apparatuur terug te vinden) koppeling via ontsteek-trafo's. Het nadeel is echter dat de triac-schakeling een voedingsspanning nodig heeft en om de galvanische scheiding te handhaven er dus twee volledig gescheiden voedingen nodig zijn. De bovenste levert de voedingsspanning voor het voeden van de triacsturing, de onderste levert de voedingsspanningen voor het tot leven brengen van de pulsbreedtemodulator en voor het opwekken van de vrij grote LED-stroom.
Volledig gescheiden voedingen betekent dus ook dat er twee voedings-trafo's noodzakelijk zijn. Weliswaar zou men in principe gebruik kunnen maken van trafo's met volledig gescheiden secundaire wikkelingen, maar deze zijn even zeldzaam als duur. Een zeer goede raad. Zou u zelf met dergelijke schakelingen gaan experimenteren, gebruik dan nooit ofte nimmer een gewone 2 x 12 of 2 x 15 V trafo om twee zogenaamd galvanisch gescheiden spanningen op te wekken. De isolatie tussen de twee secundiare wikkelingen is bij dit soort transformatoren volstrekt onvoldoende en zelfs onbetrouwbaar voor deze specifieke toepassing. Bedenk dat de secundaire wikkeling die de voeding voor de triac levert via dit onderdeel rechtstreeks met het net verbonden is!

Gelijkspannings-besturing

Hoewel er verschillende systemen zijn ontwikkeld om een fase-aansnij-schake-

15.1 Een professionele belichtings-regeling



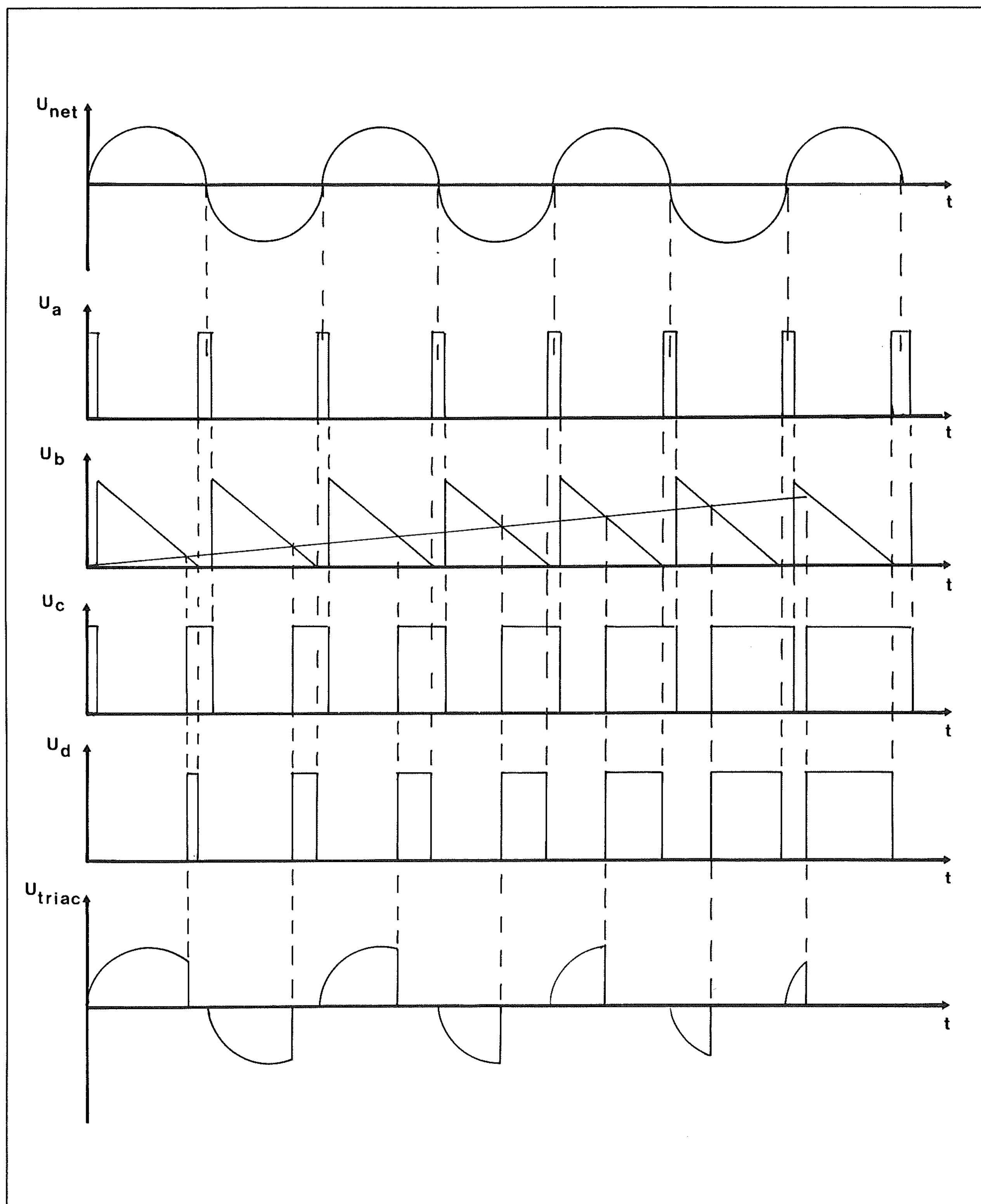
Figuur 4/15.1.1-5: Blokschema van het principe van pulsbreedte-modulatie met net-synchrone pulsen voor het omzetten van een gelijkspanning in een fase-aansnij-signaal.

ling uit een gelijkspanning te sturen is het in de in dit hoofdstuk beschreven schakelingen toegepaste principe zeer eenvoudig en zeer betrouwbaar.
De principiële werking volgt uit het blokschema van figuur 4/15.1.1-5 en de grafieken van figuur 4/15.1.1-6.
Uit de netspanning U_{NET} wordt via een transformator (dit kan de voedingstrafo zijn) een puls U_A afgeleid, die optreedt rond de nuldoorgang van de net-sinus.
Deze puls wordt gebruikt voor het starten van een zaagtandgenerator, die een zaagtand met negatieve helling genereert. Bij de start van de syclus is de spanning dus maximaal en deze zal lineair dalen tot nul. De zaagtand is dank zij de pulsen gesynchroniseerd met de halve perioden van de netspanning.
Deze zaagtand U_B wordt in een comparator vergeleken met de stuurspanning tussen 0 en +10 V.
Het resultaat is een puls U_C, die positief is als de stuurspanning groter is dan de zaagtandspanning.
De uitgangsspanning van de comparator U_C wordt samen met de allereerste puls U_A aangeboden aan een poort, die er voor zorgt dat de uitgangsspanning U_D positief wordt op het moment dat U_C positief wordt en weer naar nul gaat op het moment dat de puls U_A verschijnt. De staart wordt als het ware van de pulsen U_C afgeknipt!
Vergelijkt men de pulsen U_D met de netspanning U_{NET} dan valt op dat:
- de achterflank van de puls optreedt net voor de nuldoorgang van de netspanning;
- de voorflank van de puls ergens in de periode valt en dat 'ergens' wordt bepaald door de grootte van de stuurspanning. Hoe groter de spanning, hoe eerder in de periode de puls ontstaat, hoe kleiner de spanning hoe dichter bij de volgende nuldoorgang de puls verschijnt.

Het zal dus duidelijk zijn dat men met deze puls de triac kan aansturen. Uit de U_{TRIAC}-grafiek blijkt duidelijk dat hoe breder de puls, hoe minder spanning er over de triac blijft staan en hoe meer spanning er voor de belasting beschikbaar is.

Deze pulsbreedte-modulatie is waarschijnlijk de meest betrouwbare methode om de fase-aansnijding van het wisselspanningsnet te regelen.
Enige voordelen:
- gedurende de volledige geleidingsperiode van de triac wordt er een ont-

15.1 Een professionele belichtings-regeling



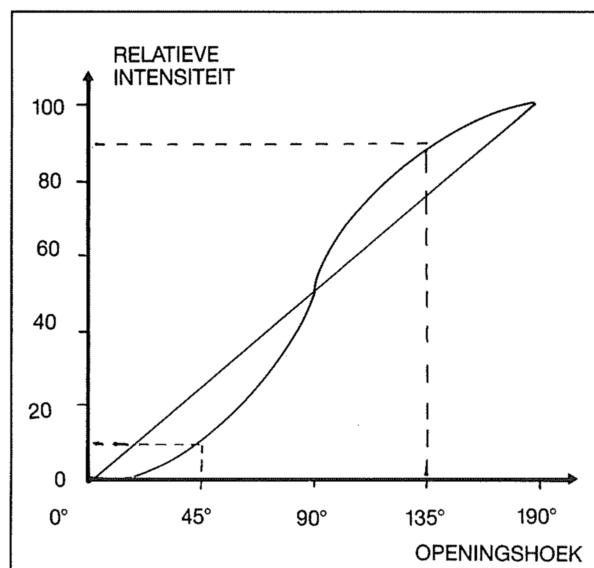
Figuur 4/15.1.1-6: De grafieken maken de werking van het blokschema van figuur 4/15.1.1-5 onmiddellijk duidelijk!

steek-stroom in de gate gestuurd. De triac kan dus nooit door stoorspanningen onverwacht naar sper schakelen en zal, ook bij zeer kleine belastingen, toch blijven geleiden.

- De gate-stroom valt weg net voordat de sinus door nul gaat. Er bestaat dus absoluut geen gevaar dat de triac gaat 'happen': het per ongeluk in geleiding blijven doordat er op de gate rond de nuldoorgang van de sinus een signaal ontstaat.
- de pulsen kunnen zonder problemen galvanisch gescheiden van de ene naar de andere schakeling worden overgebracht door middel van een optische koppelaar.
- er moeten al zeer grote stoorpulsen op de netspanning verschijnen alvorens het synchronisatie-systeem in de war raakt.

Lineariteits-principe

Het verband tussen de openings-hoek van een triac-schakeling en de hoeveelheid licht van de in serie met de triac opgenomen gloeilamp is alles behalve lineair.
De grafiek van figuur 4/15.1.1.-7 is opgemeten aan een halogeenlamp van 1 kW en daaruit blijkt dat de intensiteit bij kleine openingshoeken minder dan lineair stijgt en bij grote openingshoeken meer dan lineair toeneemt.
Dit is vrij logisch, omdat er in den beginne een hoeveelheid vermogen nodig is om de gloeidraad op te warmen tot het punt waarop licht-emissie ontstaat. Boven de 135° zal niet zozeer de intensiteit toenemen, dan wel de spectrale samenstelling van het licht.
De pulsbreedte-modulatie werkt echter met een absoluut lineair verband tussen de grootte van de stuurspanning en de openingshoek van de triac. Als het volledige bereik ligt tussen 0 en +10 V, dan zal een spanning van +5 V een openings-hoek van precies 90° tot gevolg hebben.
Een en ander heeft tot gevolg dat als men een van de regelpotentiometers voor 1/4 open schuift de intensiteit van de spot ongeveer gelijk is aan 10% van de maximale intensiteit. In het schuifbereik 3/4 tot 4/4 zal de intensiteit nauwelijks veranderen.

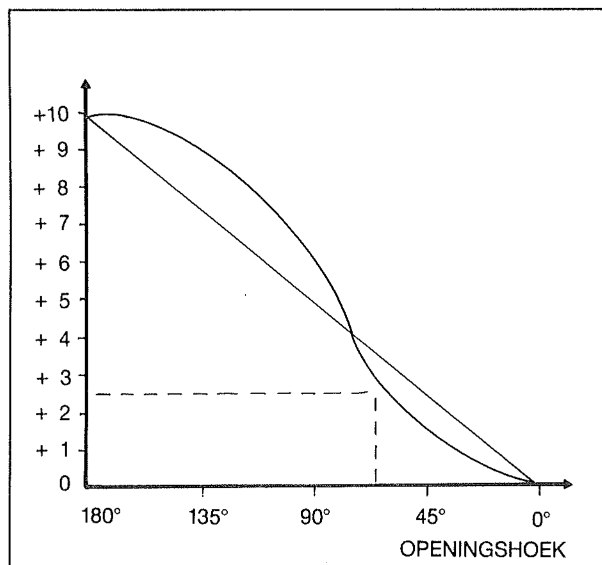


Figuur 4/15.1.1-7: Het verband tussen de openingshoek van een triac en de lichtintensiteit van een halogeen-lamp van 1000 W.

Dit is niet ideaal en vandaar dat het bij zware dimmers zonder meer noodzakelijk is een lineariserings-netwerk in te bouwen dat ervoor zorgt dat er een min of meer lineair verband ontstaat tussen de stand van de schuif-potentiometer en de intensiteit van de spot.
Het meest eenvoudige systeem is ieder kanaal te voorzien van een zogenaamde offset-instelling. Met deze instelpotentiometer kan men een bepaald constant

15.1 Een professionele belichtings-regeling

vermogen aan de spot toevoeren dat voldoende is om de gloeidraad tot net voor het licht-emissie punt op te warmen. Dit principe is echter niet ideaal omdat de netspanning alles behalve constant is en het kan voorkomen dat deze een 10-tal volt stijgt. Opeens gaan alle uitgeschakelde spots zacht gloeien! Bij de LDP-01/2000 wordt een ander systeem gebruikt. De zaagtand die wordt gebruikt om de stuurspanning om te zetten in een in breedte gemoduleerde ontsteek-spanning voor de triac wordt omgezet in een spanning zoals getekend in figuur 4/15.1.1-8. Een stuurspanning van +2,5 V (1/4 schuif-bereik potentiometer) komt nu overeen met een openingshoek van ongeveer 65° en uit figuur 4/15.1.1-7 volgt dat dit ongeveer 25% van de maximale intensiteit oplevert.



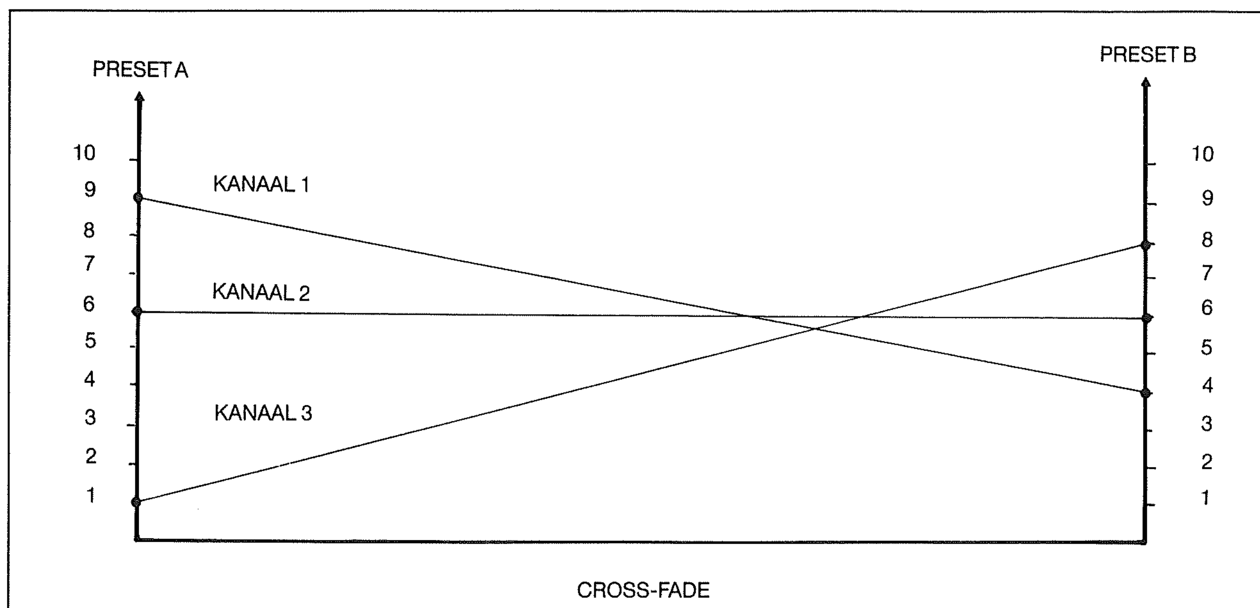
Figuur 4/15.1.1-8: Door het aanpassen van de vorm van de zaagtand-spanning ontstaat een lineair verband tussen de stand van de potentiometer en de hoeveelheid uitgestraald licht.

De LDP-03/600 is niet met deze voorziening uitgerust, omdat het probleem van het niet lineaire verband tussen openingshoek en intensiteit alleen speelt bij lampen van 1000 W en meer.

Dipless cross-fade

De regel-schakeling LLC-03-S is uitgerust met een cross-fade voorziening, waarmee men soepel van de ene naar de andere voorinstelling kan omschakelen.
Nu doet er zich bij deze regeling een moeilijkheid voor die verklaard kan worden aan de hand van de grafieken van figuur 4/15.1.1-9.
Links staan de instellingen van de drie kanalen voor de eerste preset (A), rechts die van de tweede preset (B).
Kanaal 2 moet in beide scenes op dezelfde intensiteit (6) staan. Bij het bedienen van de cross-fade mag het absoluut niet voorkomen dat de intensiteit van deze spot verandert.
Vroeger was dat moeilijk te realiseren en vandaar dat de kreet 'dipless crossfade' is gelanceerd. Bij dipless crossfade zullen de intensiteiten van de kanalen lineair, dus zonder 'dips' of 'bulten in de karakteristiek' van de ene presetnaar de andere preset-waarde overschakelen.
Het zal wel duidelijk zijn dat de schakelingen van de LLC-03-S aan deze eis voldoen!

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.1-9: Het principe van dipless cross-fade.

4/15.1.2

3 x 600 W dimmer-print LDP-03/600

Inleiding

Om meteen met de deur in huis te vallen toont figuur 4/15.1.2-1 het resultaat van de in deze paragraaf beschreven schakelingen en print. De LDP-03/600 is een drie maal 600 W lichtdimmer, opgebouwd volgens de 'alles op de print'-stijl. Alle onderdelen zitten op een print van 28,5 x 13 cm^2. Het enige dat men moet doen is deze print in een metalen behuizing inbouwen en er het net, de drie lampen en de zes verbindingen naar de regel-print LLC-03-S of LLC-03-ES op aansluiten.

De schakeling is samengesteld volgens de in paragraaf 4/15.1.1 beschreven principes en de verschillende onderdelen, namelijk:
- de twee voedingen;
- de dimmer-schakelingen met ontstoor-onderdelen;
- de gate-besturingen met opto-couplers;
- de pulsbreedte-modulator

zijn duidelijk op de print terug te vinden.

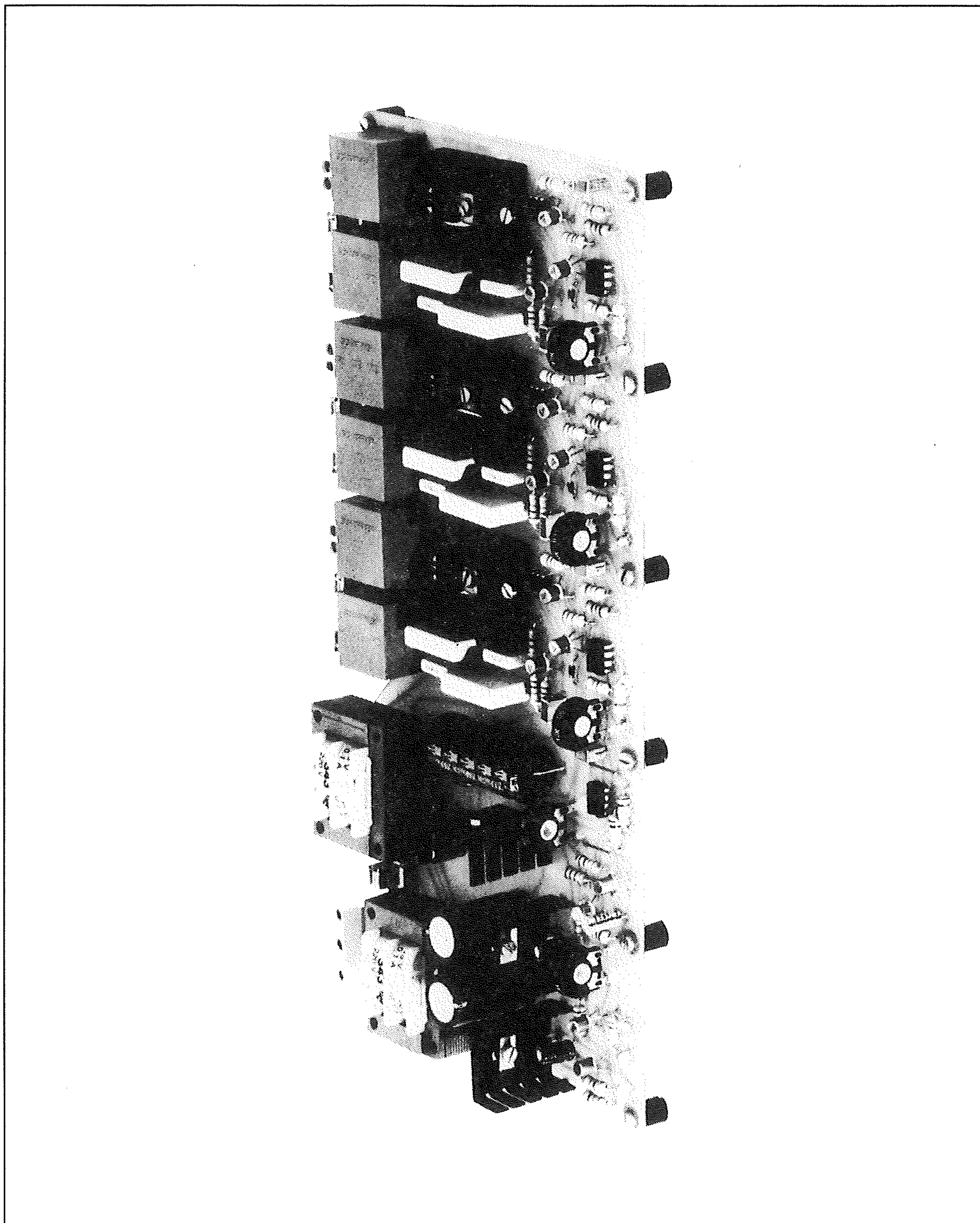
Wij kunnen dus meteen beginnen met het bespreken van de praktische schakelingen.

De voedingen

Het schema van de twee voedingen is getekend in figuur 4/15.1.2-2. De bovenste voeding levert een gestabiliseerde spanning van +15V voor het voeden van de schakelingen die het signaal van de foto-transistor uit de optische koppelaar omzetten in een stuurstroom voor de gate's van de triac's.
Deze voeding is rechtstreeks verbonden met het net (N) omdat de gate-stroom nu eenmaal via de main terminal afvloeit. Vandaar dat de uitgangsspanning van deze voeding wordt aangeduid met +15 V (!).
De onderste voeding levert symmetrische spanning af van ±15 V voor het voeden van de rest van de schakeling. Tussen de twee dioden D4 en D5, die de positieve gelijkrichting verzorgen en de afvlak-elco C3 is echter een extra diode D7 opgenomen. Deze is noodzakelijk, omdat de gelijkgerichte maar nog niet afgevlakte spanning wordt gebruikt voor het opwekken van de synchronisatie-puls van de pulsbreedte-modulator. Deze spanning wordt aangegeven met het ⎍-symbool.

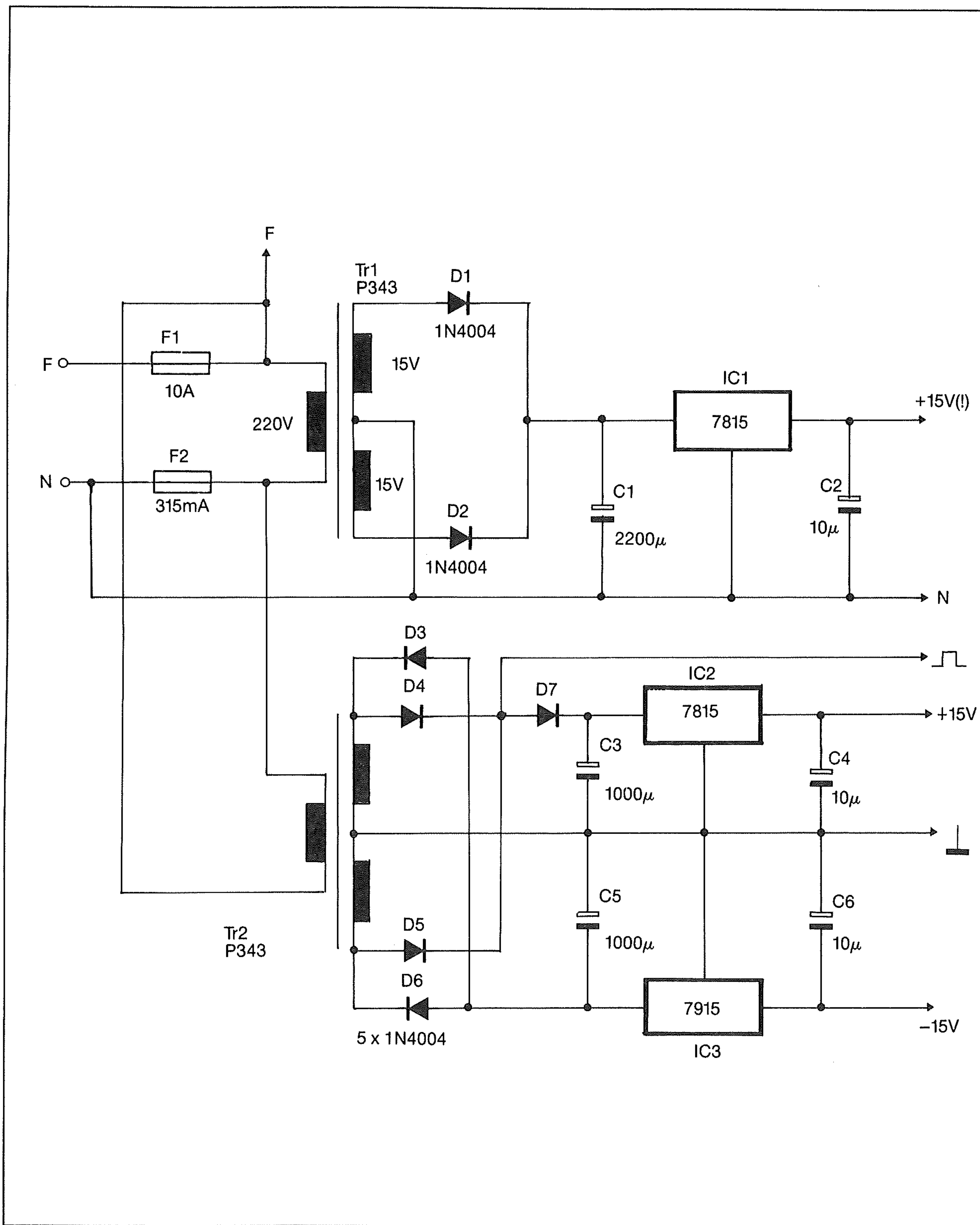
Het is noodzakelijk twee zekeringen in het net-circuit op te nemen. F1 is de hoofdzekering, waarop de dimmer-kringen zijn aangesloten. F2 is een zekering van 315 mA en beveiligt de voedingsschakelingen.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-1: De volledig gemonteerde LDP-03/600 print.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-2: Schema van de twee voedingen.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

De zaagtand-generator

Het schema van de zaagtand-generator is getekend in figuur 4/15.1.2-3. De werking wordt besproken aan de hand van de grafieken van figuur 4/15.1.3-4.

De onafgevlakte positieve voedingsspanning U_A wordt aangeboden aan de basis van transistor T1. Deze zal in geleiding gestuurd worden, behalve rond de nuldoorgang van de net-sinus. Het signaal U_A wordt dan immers klein en de spanningsdeler R1/R2 zorgt ervoor dat de basis-emitterspanning kleiner wordt dan de 0,65 V geleidingsspanning. Op de kollector van deze transistor ontstaat dus een smalle positieve puls rond de nuldoorgang van het net.
Deze spanning wordt aangeboden aan de emittervolger T2 en men vindt hetzelfde signaal terug over weerstand R4, maar nu in staat de voor het aansturen van alle schakelingen noodzakelijke stroom te leveren.

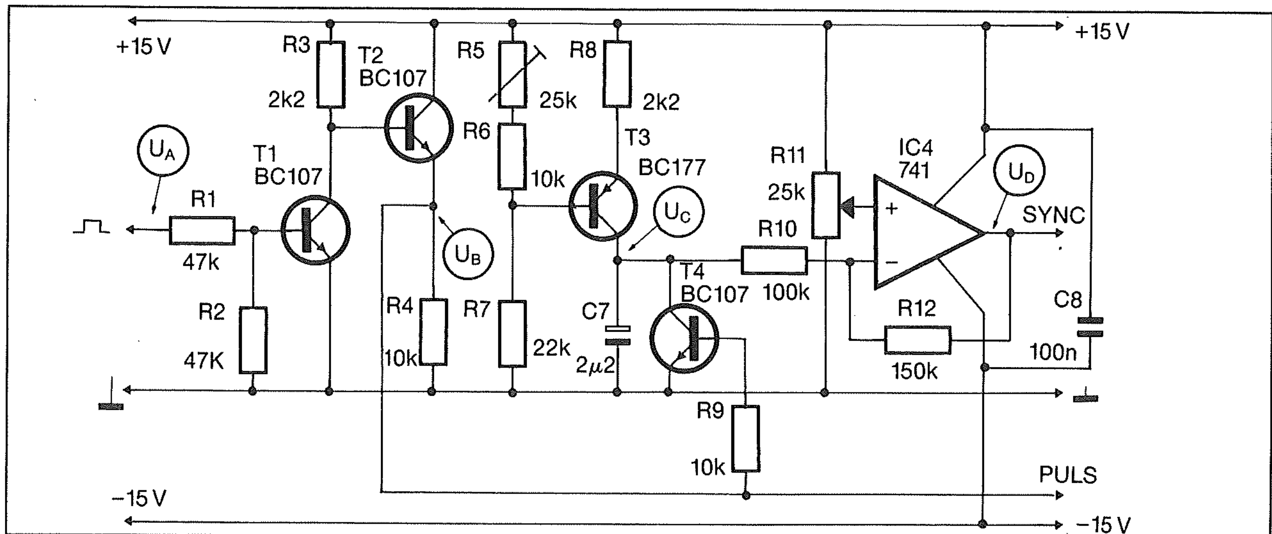
Transistor T3 is geschakeld als eenvoudige stroombron. De constante stroom die deze halfgeleider levert wordt bepaald door de stand van de loper van de instelpotentiometer R5. De constante stroom, die door de kollector geleverd wordt, laadt condensator C7 op. Over dit onderdeel ontstaat dus een lineair stijgende spanning U_C. Transistor T4 sluit deze condensator kort telkens als er een puls U_B verschijnt. Het gevolg is dat over de condensator een stijgende zaagtand ontstaat, die mooi synchroon loopt met de halve perioden van de netspanning.
Uit de bespreking van de werking van de pulsbreedte-modulator in de vorige paragraaf bleek echter dat men een dalende zaagtand nodig heeft. Vandaar de operationele versterker IC4. Deze trap is als inverterende verschilversterker geschakeld. De zaagtand wordt aangeboden aan de inverterende ingang. De weerstandsdeler R10/R12 stelt de operationele versterker als inverterende versterker in. Op de uitgang zou (met de niet-inverterende ingang aan de massa gedacht) dus een zaagtand verschijnen, die geïnverteerd is ten opzichte van de ingangs-spanning. Het gevolg zou een dalende zaagtand zijn, die echter tussen 0 V en ongeveer −8 V zou verlopen. Dit signaal moet als het ware 8 V 'opgekrikt' worden om gelijk te worden aan het signaal dat wij nodig hebben. Vandaar dat de niet-inverterende ingang van de versterker niet aan de massa is geschakeld maar aan de loper van de instelpotentiometer R11. Met dit onderdeel is het mogelijk de positieve ingang van de op-amp op een bepaalde constante positieve spanning in te stellen. Het is deze spanning, die er voor zorgt dat de zaagtand op de uitgang van de op-amp verloopt zoals geschetst in grafiek U_D van figuur 4/15.1.2-4. Door het verdraaien van de potentiometer kan men de uitgangsspanning zo instellen, dat de laagste top precies gelijk valt met de 0 V as.
Deze zaagtand, de SYNC, en de positieve nuldoorgangs-puls, de PULS, worden gebruikt in de ....

Pulsbreedte-modulator

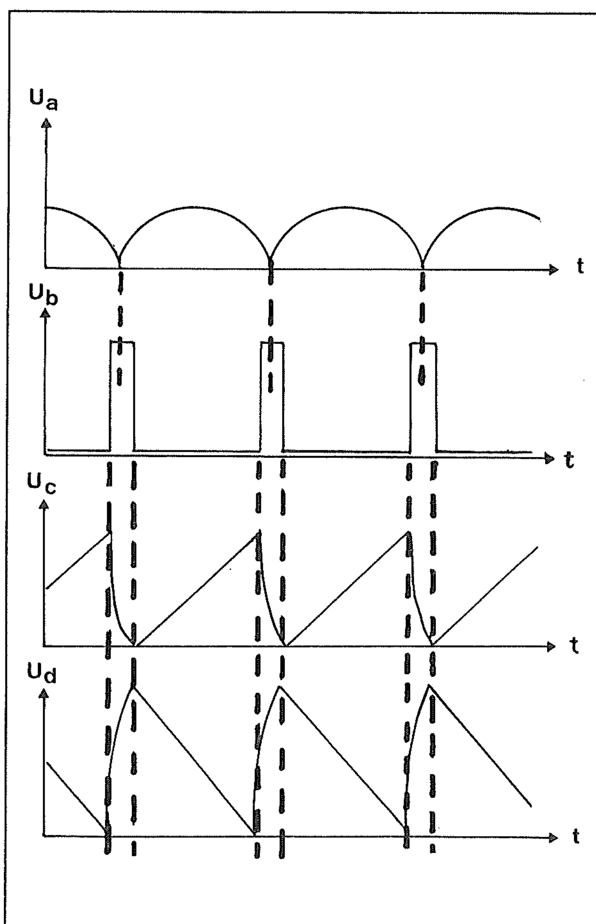
In feite is dat, zoals blijkt uit het schema van figuur 4/15.1.2-5, niets meer dan een als comparator geschakelde operationele versterker IC_A en een spanning- naar-stroom omzetter.

Een opmerking. De onderdelen in dit en het volgende schema zijn niet meer

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-3: De zaagtand-generator.

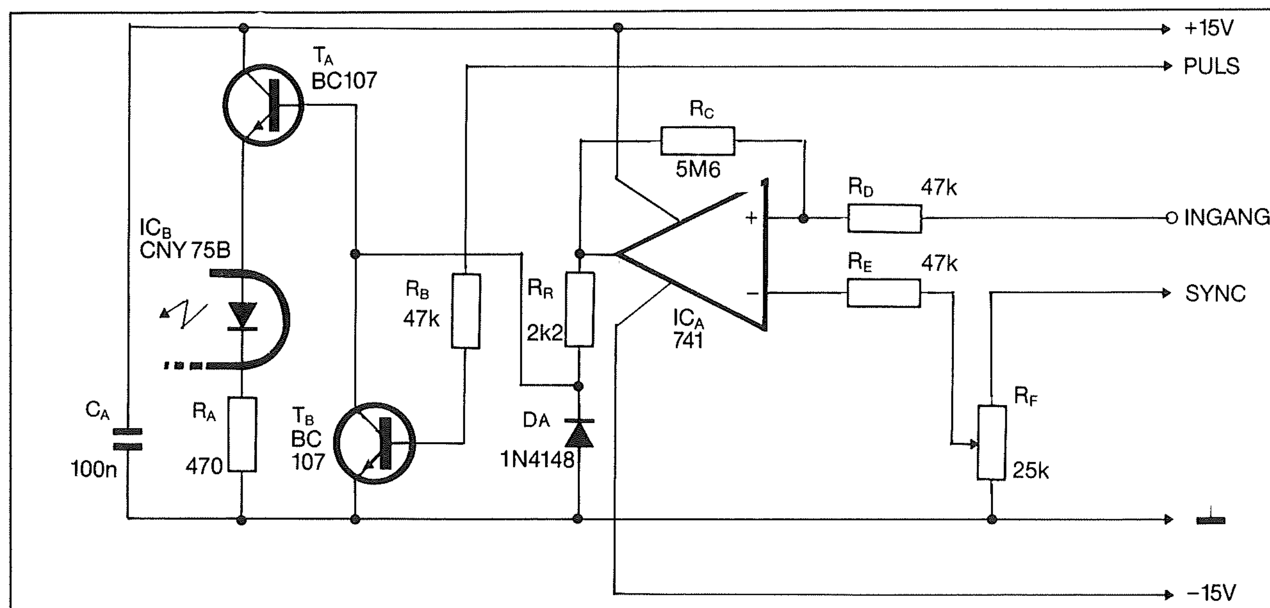


Figuur 4/15.1.2-4: De tijdrelatie tussen de verschillende spanningen in de zaagtand-generator.

genummerd op de standaard manier, maar door middel van letters. Deze schakelingen treft men drie maal aan, een keer voor ieder uitgangskanaal. Door de letter-codering kän men deze schema-delen goed onderscheiden van de overige, die slechts een maal noodzakelijk zijn.

De SYNC-zaagtand wordt via een instelpotentiometer aangeboden aan de inverterende ingang van de operationele versterker. De stuur-spanning tussen 0 en +10 V gaat naar de niet-inverterende ingang. De comparator levert een positieve puls af op het moment dat de stuurspanning groter is dan de zaagtand. Door dit effect ontstaat op de uitgang een positieve puls, waarvan de voorflank heen en weer schuift als men de stuur-spanning varieert.
De comparator is, door het aanbrengen van een grote terugkoppelweerstand tussen uitgang en positieve ingang, voorzien van een kleine hysteresisch. Door deze extra weerstand R_C zal het omklap-punt van de comparator niet beïnvloed worden door eventuele rim-

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-5: De pulsbreedte-modulator en opto-coupler sturing.

pel of ruis op de stuurspanning.

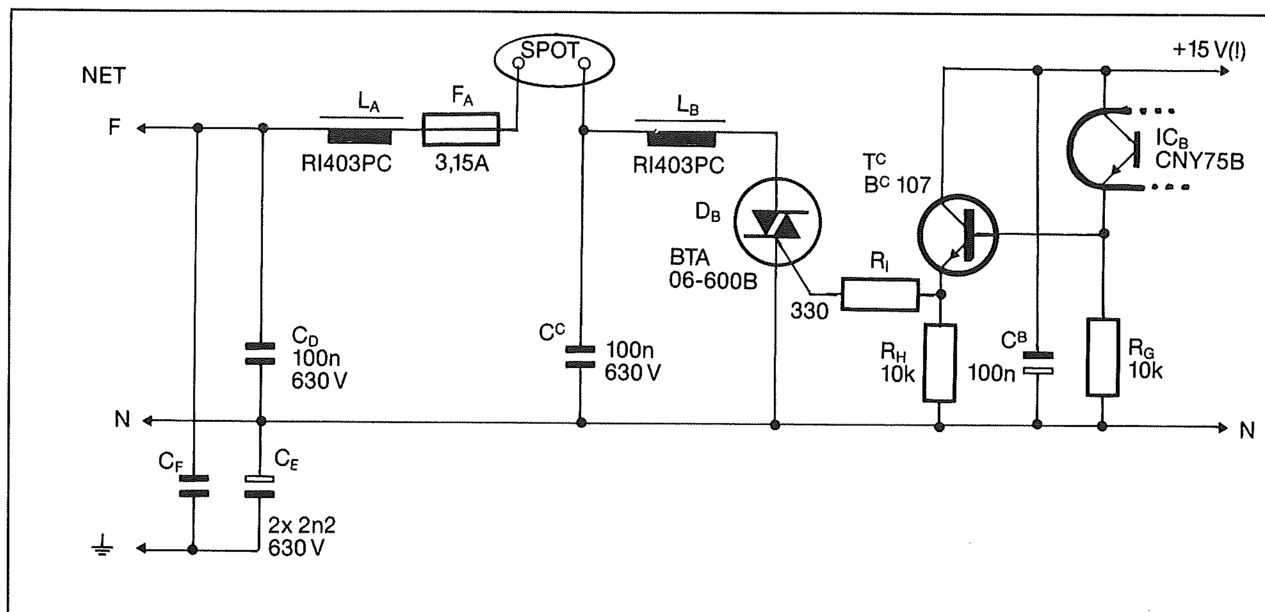
De operationele versterker wordt symmetrisch gevoed. De uitgangspuls springt dus heen en weer tussen −15 en +15 V. Met een negatieve spanning kunnen wij niets beginnen en vandaar dat deze door de diode D_A wordt kortgesloten naar massa.

De in breedte gemoduleerde puls gaat naar de basis van de emitervolger T_A. Als de puls aanwezig is, gaat de transistor geleiden en stuurt een stroom van ongeveer 25 mA door de infrarode LED van de opto-coupler IC_B.

Wij moeten er nu nog voor zorgen dat de ontsteek-puls van de triac in ieder geval verdwenen is rond de nuldoorgang van de net-sinus. Vandaar transistor T_B, die het signaal op de basis van T_A kortsluit naar massa als de nuldoorgangs-puls 'PULS' verschijnt.
Refereer naar de grafieken van figuur 4/15.1.1-6 in de vorige paragraaf!

De triac-schakeling
Het schema van de triac-besturing is getekend in figuur 4/15.1.2-6.
De foto-transistor van de optische koppelaar staat in serie met een weerstand tussen de +15 V (!) en de nul (N) van het net. Als de LED van de koppelaar licht uitstraalt (de in breedte gemoduleerde puls is aanwezig) gaat de foto-transistor geleiden en verschijnt de volle +15 V (!) over weerstand R_G. Dit signaal wordt aangeboden aan de emittervolger T_C en stuurt nadien via voorschakelweerstand R_I een stroom van ongeveer 35 mA in de gate van de triac D_B.
Het triac- en spot-circuit is reeds volledig besproken in de vorige paragraaf.
Eventuele kortsluitingen in de kondensatoren C_D, C_E of C_F worden opgevangen door de zekering F1 in de voeding.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-6: De gate-sturing en triac-schakeling.

Bouw van de LDP-03/600

Figuur 4/15.1.2-7 geeft het print-ontwerp van de drie-kanaals lichtdimmer. De plaats van de onderdelen volgt uit de componenten-opstelling van figuur 4/15.1.2-8.
Enige opmerkingen over de bouw.

- er zijn zes draadbruggen aanwezig, gemerkt A tot en met F. Deze moeten eerste worden aangebracht.
- De drie stabilisatoren worden gemonteerd op U-vormige recht op de print staande koelprofieltjes. In het prototype werd gebruik gemaakt van KU 3-300 van Assmann, deze hebben namelijk twee bevestigingslipjes, waarmee men het staande profiel in gaatjes in de print kan klemmen.
- De triac's worden vastgeschroefd op rib-profielen van het type PR 20/37,5/SE van Alutronic. Deze worden met twee schroefjes op de print bevestigd.
- Voor het aansluiten van het net en de lampen kan men gebruik maken van stevige printkroonsteentjes.
- de zes aansluitingen naar de LCC-print kunnen door middel van printsoldeerlipjes uitgevoerd worden.

Het afregelen

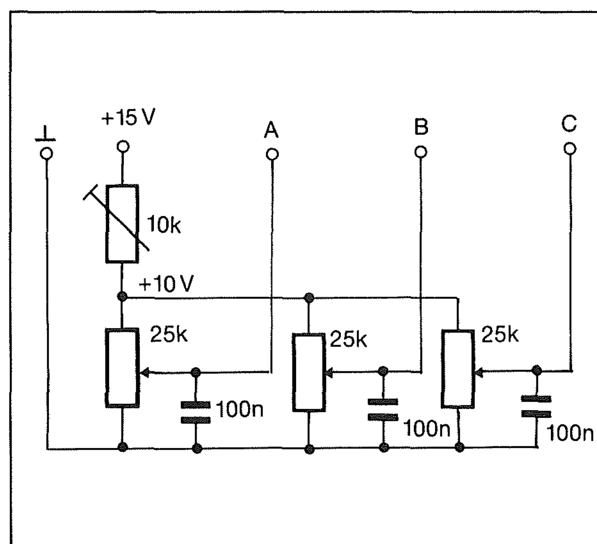
Meet, alvorens de print op het net aan te sluiten, met een op weerstand (hoogste bereik) geschakelde universeelmeter de weerstand tussen bijvoorbeeld de fase-aansluiting van de print en de massa van de onderste voeding. Deze weerstand moet oneindig groot zijn.
Sluit nu het net aan (hoewel tot nu toe in de schema's steeds onderscheid werd gemaakt tussen de fase en de nul maakt dat in de praktijk niet zo erg veel uit) en verbindt drie gloeilampen van bijvoorbeeld 60 W met de drie spot-uitgangen.
Sluit een oscilloscoop aan op de kollector van transitor T1. Er moet een smalle positieve puls van ongeveer

Zet de scoop nu over condensator C7 en regel R5 af tot de zaagtand een amplitude heeft van 8 V. De basis van het signaal moet samen vallen met de nul-as van het beeld.
Verplaats de probe van de scoop naar de uitgang van IC4. Er moet een dalende zaagtand zichtbaar zijn. Verdraai nu R11 tot de onderste punten van dit signaal samen vallen met de nul-as. De toppen van het signaal moeten bij ongeveer +12 V liggen.
Zet een gelijkspanning van precies +10 V op een van de stuuringangen A, B of C.
Verplaats de scoop naar de katode van diode D_A. Er moet een brede puls zichtbaar zijn tussen ongeveer +12 V en −1 V.
Verdraai R_F van dat kanaal tot de puls maximale breedte heeft. Er blijft echter steeds een smalle dip naar de −1 V!
Regel de spanning op de stuuringang tussen +10 en 0 V. Naarmate de spanning daalt moet de positieve puls smaller worden om geheel weg te vallen bij een stuurspanning van ongeveer 0 V.
Herhaal deze afregeling voor de overige twee kanalen.

Belangrijke opmerking. Verplaats de meetpen van de skoop, andere meet-apparatuur of uw vingers niet ondoordacht over de print! Een groot deel van de print (bijvoorbeeld de meeste koel-profielen) is rechtstreeks of via een zeer lage weerstand met de fase van het net verbonden en aanraken van zo'n punt kan levensgevaarlijk zijn!

Als alles goed werkt moet de intensiteit van de aangesloten lamp reageren op de stuurspanning.

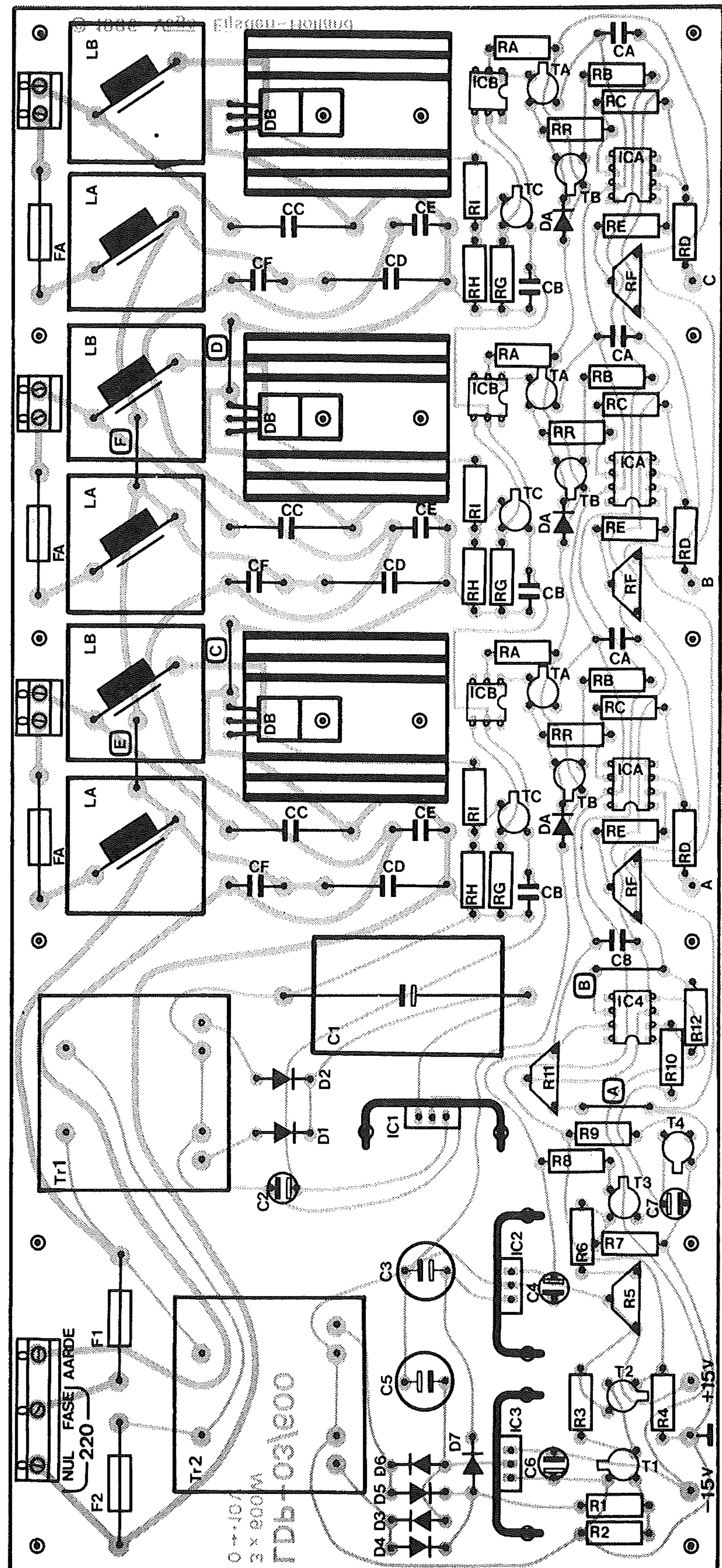
De meest eenvoudige toepassing
In principe kan men de dimmer-print nu al voor recht-toe-recht-aan toepassingen gaan gebruiken.
Als men geen boodschap heeft aan alle toeters en bellen van de LLC-schakelingen en gewoon drie kanalen in intensiteit wil regelen en verder niets kan men een schakelingetje volgens figuur 4/15.1.2-9 opbouwen.



Figuur 4/15.1.2-9: Het allereenvoudigst schema van een bruikbaar regelpaneeltje.

Drie schuifpotentiometers worden parallel geschakeld en via een trimmer van 10 kΩ tussen de massa en de +15 V van de dimmer-print aangesloten. De lopers gaan naar de drie stuur-ingangen A, B en C.
Met de trimmer regelt men de spanning op de potentiometer-lijn af op +10 V. De condensatoren van 100 nF ontkoppelen de uitgangen.
Men kan zonder bezwaar een vijf-aderig kabeltje van enige meter tussen dit rudimentair regelpaneeltje en de dimmer-print aanleggen.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-8: Componenten-opstelling.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W

R1, R2	= 47 kΩ
R3, R8	= 2,2 kΩ
R4, R6, R9	= 10 kΩ
R7	= 22 kΩ
R10	= 100 kΩ
R12	= 150 kΩ
RA (3x)	= 470 Ω
RB (3x)	= 47 kΩ
RC (3x)	= 5,6 MΩ
RD (3x)	= 47 kΩ
RE (3x)	= 47 kΩ
RG (3x)	= 10 kΩ
RH (3x)	= 10 kΩ
RI (3x)	= 330 Ω
RR (3x)	= 2,2 kΩ

Instelpotentiometers, Piher PT-15-NH

R5, R11	= 25 kΩ
RF (3x)	= 25 kΩ

Condensatoren

C1	= 2200 μ, liggend 35 V
C2, C4, C6	= 10 μF, staand 35 V
C3, C5	= 1000 μF, staand 35 V
C7	= 2,2 μF, staand 35 V
C8	= 100 nF, MKH
CA (3x)	= 100 nF, MKH
CB (3x)	= 100 nF, MKH
CC (3x)	= 100 nF, 630 V WIMA MKS-4
CD (3x)	= 100 nF, 630 V WIMA MKS-4
CE (3x)	= 2,2 nF, 630 V WIMA MKS-4
CF (3x)	= 2,2 nF, 630 V WIMA MKS-4

Halfgeleiders

D1 → D7	= 1 N 4004
DA (3x)	= 1 N 4148
DB (3x)	= BTA 06.600B TRIAC
T1, T2, T4	= BC 107
T3	= BC 177
TA (3x)	= BC 107
TB (3x)	= BC 107

Geïntegreerde schakelingen

IC1, IC2	= 7815
IC3	= 7915
IC4	= 741
ICA (3x)	= 741
ICB (3x)	= CNY 75 B

Diversen

Tr1, Tr2	= P 343 Amroh
LA (3x)	= RI 403 PC Schaffner
LB (3x)	= RI 403 PC Schaffner

5 x zekeringhouder, print
3 x zekering, 3,15 A
1 x zekering, 315 mA
1 x zekering 10 A
3 x printkroonsteentje, twee-polig
1 x printkroonsteentje, drie-polig
3 x koelprofiel PR 20/37,5/SE Alutronic
3 x koelprofiel KU 3-300 Assmann
6 x printsoldeerlipje
3 x 6-pens IC-voetje
4 x 8-pens IC-voetje

Bouwpakket-service

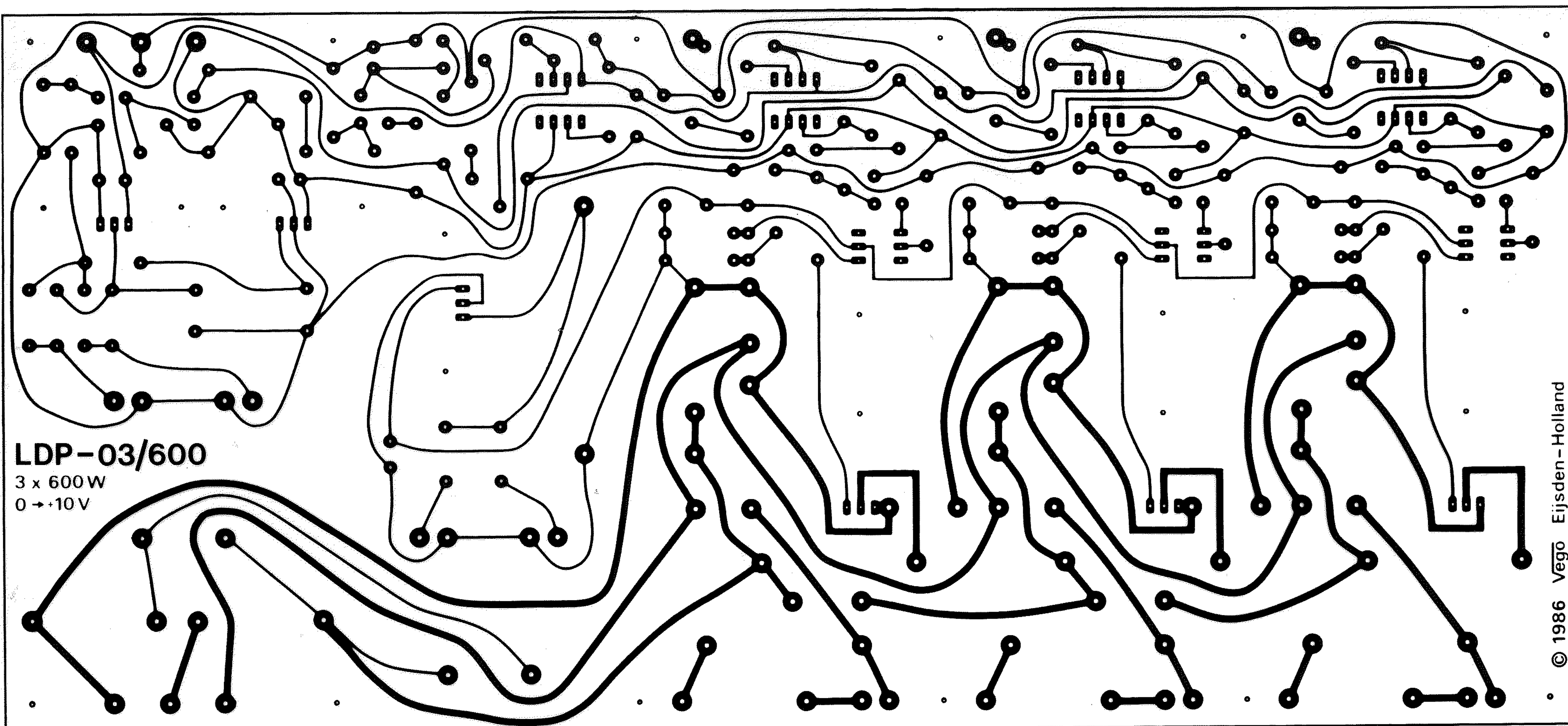
Zoals uit de schema's blijkt is de ontwerper met de gemiddelde doe-het-zelver in zijn achterhoofd achter de laboratorium-tafel gaan zitten. Alle onderdelen zijn standaard en overal verkrijgbaar... behalve deze van de nu net zeer belangrijke storingsonderdrukking netwerken!

15.1 Een professionele belichtings-regeling

De RI-spoelen van Schaffner zijn zelfs bij de nederlandse importeur meestal niet voorradig en hebben een levertijd van (als het even tegen zit) twee maanden! Ook de speciale MKS-4 condensatoren van WIMA zult u niet in iedere elektronica-handel aantreffen.
Vandaar dat de uitgever, in samenwerking met de ontwerper van de professionele belichtings-regeling, heeft besloten van beide dimmer-schakelingen, dus van de LDP-03/600 en de LDP-01/2000, komplete bouwpakketten aan te bieden. De pakketten bevatten alle onderdelen en de print. Het pakket voor de LDP-03/600 kost, inclusief BTW en verzendings-kosten, *f* 328,00.
Bestelling uitsluitend schriftelijk richten aan:
Vego, B. Lambertstraat 43, 6245 HG Eijsden.
De paketten worden onder rembours uitgeleverd, levertijd is afhankelijk van de vraag en ligt tussen de 0 en 8 weken.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.2-7: De print van de LDP-03/600.

4/15.1.3

1 x 3500 W dimmer-print LDP-01/3500

Opmerking

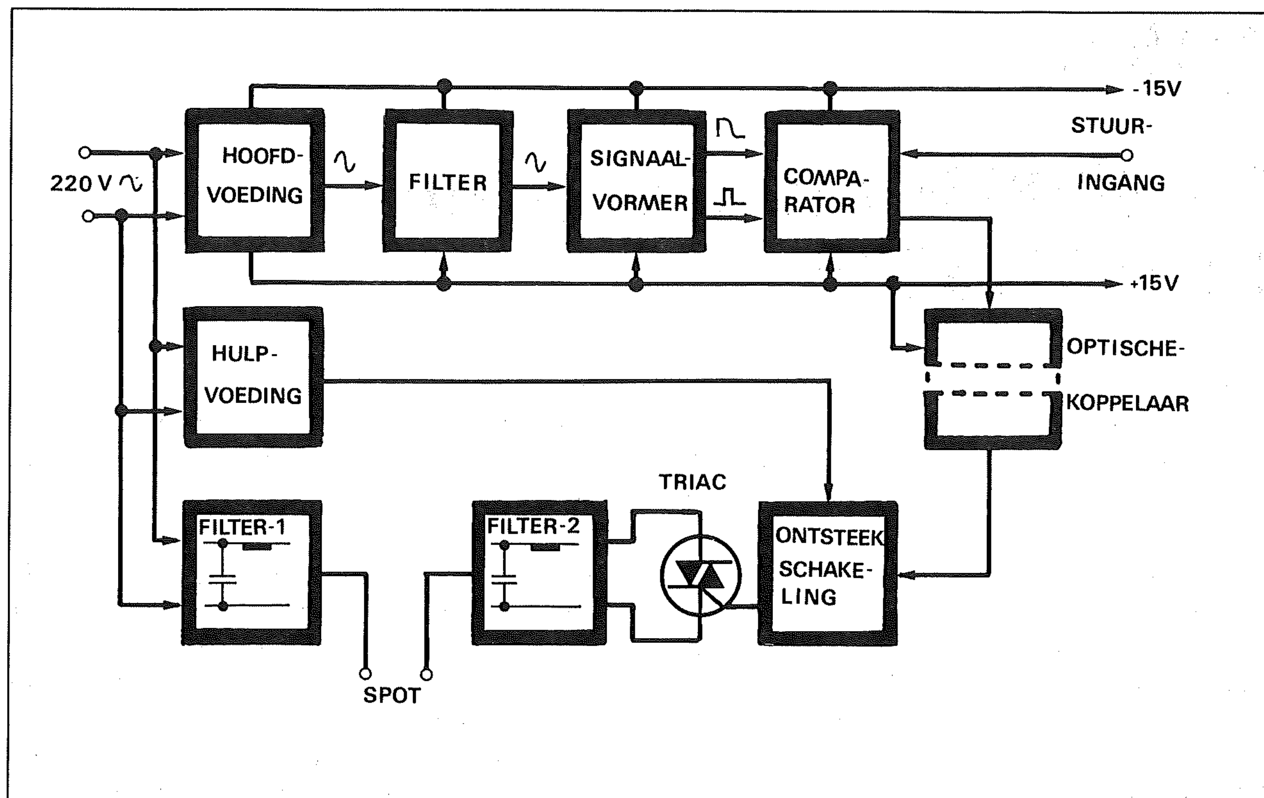
In de inleidende paraggraaf 4/15.1.1 werd aangekondigd dat er naast de reeds beschreven 3 x 600 W print een zwaardere uitvoering van 2 kW beschreven zou worden. Deze is ondertussen echter opgevolgd door een nog zwaardere versie. Het is deze 1 x 3,5 kW print, de LDP-01/3500, die in deze paragraaf beschreven zal worden.

Blokschema

Hoewel de LDP-01/3500 in grote lijnen volgens de in paragraaf 4/15.1.1 beschreven principes werkt, zijn er enige verfijningen aangebracht die een afzonderlijk kopje 'blokschema' rechtvaardigen.
Het blokschema van de LDP-01/3500 is getekend in figuur 4/15.1.3-1.

Het primaire circuit is identiek aan dat van de reeds beschreven dimmer-print en bevat dus de hulp-voeding, de twee LC-filters, de spot, de triac, de ontsteekschakeling en de optische koppelaar.
Het secundaire besturings-systeem vertoont echter enige fundamentele verschillen met dat van de LDP-03/600.
Bij deze print wordt namelijk de syncpuls, die de nuldoorgang van de netspanning aan de rest van de schakeling doorgeeft, rechtstreeks uit de gelijkgerichte trafo-spanning afgeleid. Dit systeem werkt uitstekend, maar gaat er wel van uit dat de netspanning niet verontreinigd is met grote stoorpieken. Zou er namelijk rond de nuldoorgang van de net-sinus een grote negatieve of positieve piek voorkomen, dan zou de eenvoudige nuldoorgangs-detector deze storing als nuldoorgang kunnen interpreteren en een extra sync-puls opwekken. De sync-puls stuurt echter de zaagtand die verantwoordelijk is voor de fase-aansnij besturing van de triac. Het zal duidelijk zijn dat een extra sync-puls dit systeem in de war brengt, wat zich kan uiten in een korte lichtflits van een gedimde spot. Nu bestaat de kans op het aanwezig zijn van zo'n grote stoorpieken in feite alleen maar als het net door zeer grote piekstromen belast wordt. Bij het besturen van enige zware volgspots kan zo'n situatie zich voordoen en vandaar dat er bij de LDP-01/3500 een storings-onderdrukker is ingebouwd. Uit de secundaire spanning van de trafo van de hoofd-voeding wordt een 50 Hz sinus afgetakt en deze wordt aan een filter aangeboden. Dit filter is een actief laagdoorlaatfilter van de tweede orde met een afsnij-frequentie van ongeveer 100 Hz. Dit filter zal alle hoge harmonischen op het 50 Hz signaal verzwakken en er bovendien voor zorgen dat eventueel op het net aanwezige scherpe, korte stoorpieken

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.3-1: Blokschema van de LDP-01/3500 dimmer-print.

worden afgerond. Daardoor is de kans dat de nuldoorgangsdetector op een stoorpuls reageert veel kleiner. Het nadeel van dit filter is echter dat er een fase-verschuiving ontstaat tussen de in- en de uitgang. Een fase-verschuiving is wel het laatste wat wij in een systeem dat per definitie synchroon met de netspanning moet werken, kunnen gebruiken!

Vandaar dat het filter wordt uitgebreid met een tweede fase-verschuivend netwerkje, dat de fase-verschuiving van het filter compenseert. Technisch is het ontwerpen van zo'n netwerk geen enkel probleem. Het enige nadeel is dat men een oscilloscoop nodig heeft om de compensatie fase-verschuiving precies gelijk te maken aan de fase-verschuiving van het filter. Waaruit dus onmiddellijk de consequentie volgt dat deze schakeling niet is na te bouwen als men niet de beschikking over een scoop heeft! Het alternatief, namelijk de schakelingen van het filter en de fase-compensator uit te voeren met 1% nauwkeurige weerstanden en condensatoren is ook niet erg praktisch. Nauwkeurige 1% metaalfilmweerstanden zijn redelijk goed te verkrijgen en niet duur. Condensatoren met dezelfde nauwkeurigheid zijn echter nauwelijks te koop en zou men er al in slagen deze ergens te vinden, dan moeten daar zeer sappige bedragen voor betaald worden!

Het tweede fundamentele onderscheid tussen de LDP-01/3500 en de LDP-03/600 is dat er geen gebruik wordt ge-

15.1 Een professionele belichtings-regeling

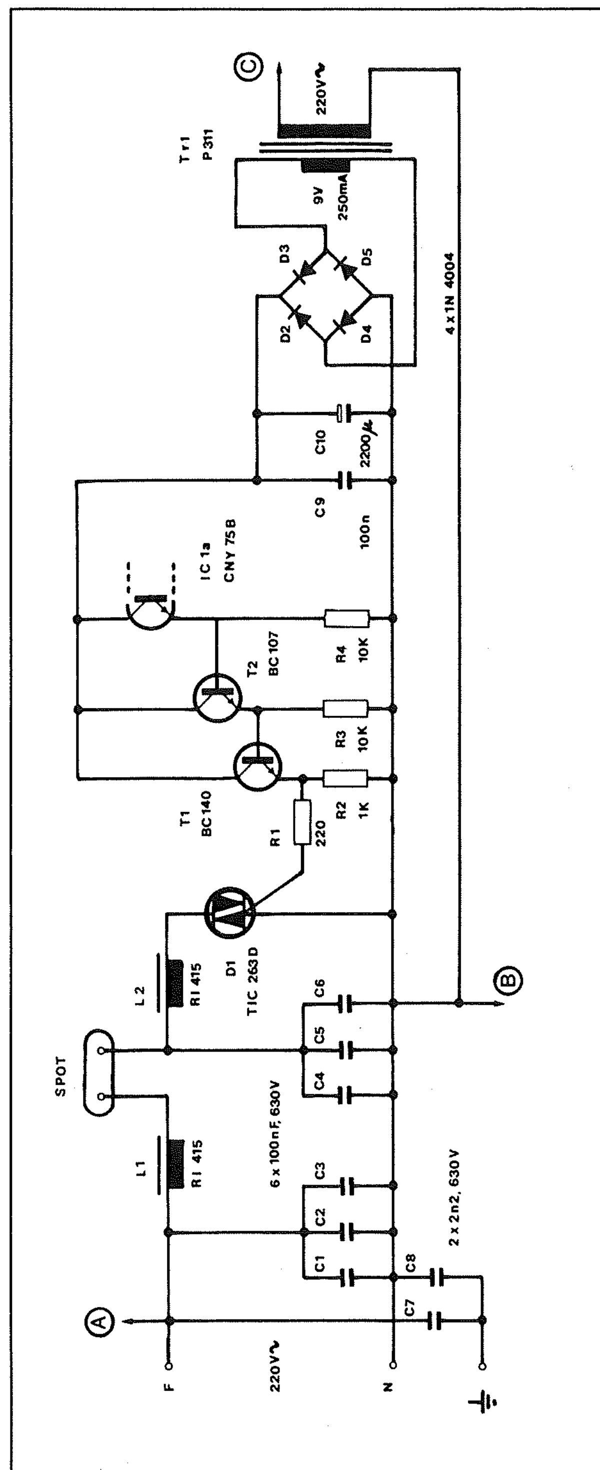
maakt van een lineaire zaagtand voor het besturen van de openings-hoek van de triac. Zoals in paragraaf 4/15.1.1 reeds is verklaard wordt een 'gemodificeerde zaagtand' gebruikt, waardoor er een min of meer lineair verband ontstaat tussen de verdraaiingshoek van de regel-potentiometer en de intensiteit van de spot. Het niet-lineaire gedrag van halogeen-lampen stijgt met het vermogen en het is voor de bedienings-vriendelijkheid van de schakeling zonder meer noodzakelijk deze voorziening in te bouwen.

Het primaire circuit

Men herkent in het praktische schema van het primaire circuit, getekend in figuur 4/15.1.3-2, de basis-opzet van iedere professionele licht-dimmer. Natuurlijk zijn de onderdelen aangepast aan het veel grotere vermogen.

Ook nu worden ontstoor-spoelen van het zwitserse fabrikaat Schaffner toegepast, die werken met een verzadigbare kern. Hoewel de RI 415 niet minder dan *f* 27,58 (ex BTW) per stuk kost, wordt toch dringend geadviseerd deze onderdelen toe te passen. Zeker bij deze grote vermogens is het van het allergrootste belang dat de schakeling voldoet aan de ontstoring-normen! Slechte ontstoring van grote vermogen dimmers kan tot grote problemen leiden als men bijvoorbeeld op hetzelfde net een muziek-installatie moet aansluiten. De kans is groot dat er een niet weg te werken ratel in het geluid ontstaat.

Omdat de inductiviteit van deze spoelen lager is dan deze van de RI 403 PC moet de waarde van de condensatoren worden vergroot. Vandaar dat men



Figuur 4/15.1.3-2: Het primaire circuit, bestaande uit de hulp-voeding, de ontstoor-filters, de triac, ontsteek-besturing en optische koppelaar.

twee condensator-banken van ieder 3 x 100 nF, 630 V aantreft.

Voor de triac wordt een Texas Instruments type TIC 263 D gebruikt. Deze triac's kunnen 25 A ~ schakelen, terwijl de piek-capaciteit een factor 5 hoger ligt.
Omdat deze onderdelen met een flinke gate-stroom gestuurd moeten worden, is de ontsteek-schakeling met een extra trap uitgebreid. Tussen de foto-transistor van de optische koppelaar en de gate van de triac is een Darlington-schakeling opgenomen, opgebouwd uit twee emitter-volgers T2 en T1.

De 50 mA ontsteek-stroom voor de triac wordt afgeleid uit een eigen voeding, samengesteld uit een 9 V ~ trafo van Amroh, een bruggelijkrichter en een afvlak-elco.

De hoofd-voeding en het filter

Omdat deze beide blokken alles met elkaar te maken hebben worden zij gezamenlijk voorgesteld in het schema van figuur 4/15.1.3-3.
De symmetrische voedingsspanningen van + en −15 V worden op de gebruikelijke manier uit een 2 x 15 V ~ trafo afgeleid.

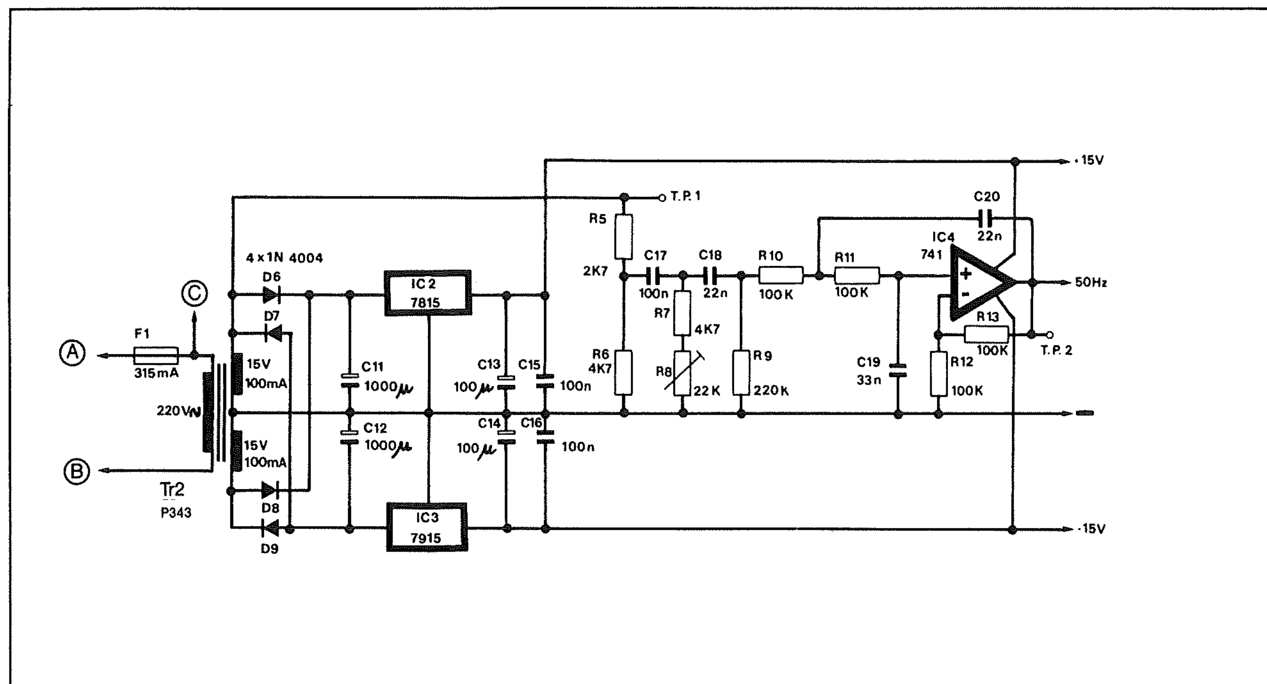
De spanning van de bovenste secundaire wikkeling van de trafo wordt echter via een resistieve spanningsdeler R5/R6 omgezet in een 50 Hz sinus-signaal van ongeveer 10 V. Het is dit signaal dat de basis vormt voor het genereren van de sync-puls en de gemodificeerde zaagtand.

Het actieve laagdoorlaat-filter is samengesteld uit de operationele versterker IC4 en de onderdelen R10, R11, R12, R13, C19 en C20. In deze schakeling herkent men de klassieke opbouw van een laagdoorlaat-filter van de tweede orde met een steilheid van −12 dB per octaaf. Zoals reeds opgemerkt introduceert dit filter echter een fase-verschuiving tussen de spanning op de ingang en de spanning op de uitgang. De enige manier om dit verschijnsel op te heffen is het tussenschakelen van een tweede fase-verschuivend netwerk, dat een even grote maar tegengestelde fasedraaiing opwekt. Men kan daarvoor enige gewone RC-netwerken gebruiken, die immers afhankelijk van de frequentie en de waarde van de onderdelen fase-verschuivingen tussen 0 en 90° introduceren. In het schema herkennen wij deze twee RC-netwerken in de onderdelen R7, R8, C17 en C18. De faseverschuiving is exact op de gewenste waarde in te stellen door het verdraaien van de loper van R8.
Tussen de spanning op test-punt T.P.-1, de ongefilterde 50 Hz spanning, en de spanning op test-punt T.P.-2, de gefilterde netspanning moet dus een faseverschuiving van 0° ontstaat en dit is het gemakkelijkst te controleren door beide signalen aan te sluiten op een ingang van een twee-kanaals oscilloscoop. Maar men zou natuurlijk net zo goed met een eenkanaals apparaat kunnen werken, dit in de X/Y-modus schakelen en afregelen aan de hand van de vorm van de Lissajous-figuur op het scherm.

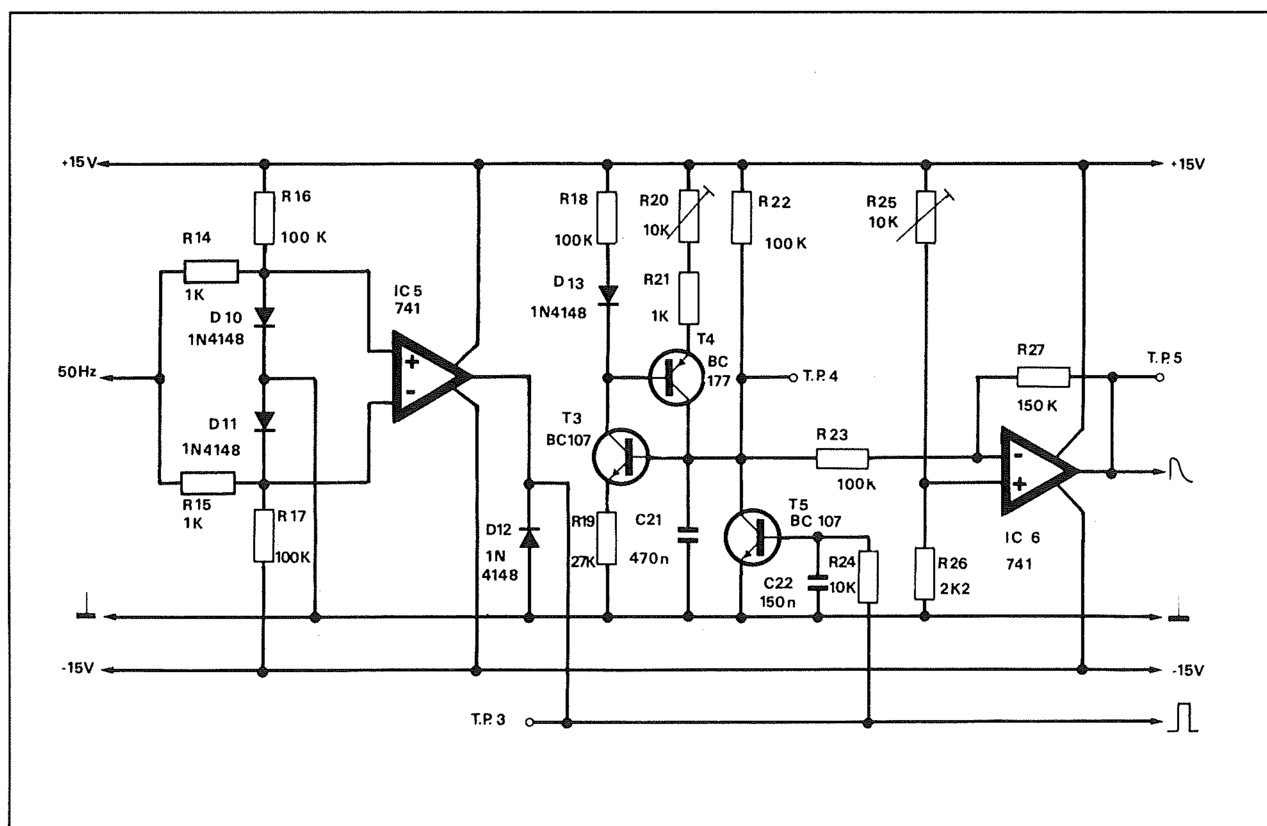
De puls-vormer

Bij de LDP-03/600 wordt de sync-puls, die de nuldoorgang van de netspanning detecteert, afgeleid uit de gelijkgerichte maar nog niet afgevlakte secundaire

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.3-3: De hoofd-voeding, het filter en het fase-verschuivend netwerk.



Figuur 4/15.1.3-4: De nuldoorgangs-detector en de generator voor de gemodificeerde zaagtand.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

trafo-spanning. Dat gaat met een eenvoudig transistor-trapje.
Nu echter staat ons een mooie sinus ter beschikking, die zowel positief als negatief kan zijn ten opzichte van de nul. Het is dus niet mogelijk met het in sper of geleiding sturen van een eenvoudige transistor-trap daar een mooie nuldoorgangs-puls uit af te leiden. De schakeling rond operationele versterker IC 5 (zie figuur 4/15.1.3-4) staat bekend als 'venster-discriminator' en deze schakeling is in staat te controleren of een spanning op de ingang binnen of buiten een 'venster', een spannings-gebied valt. De twee waarden die het venster definiëren worden opgewekt door een klein stroompje door twee silicium-dioden D10 en D11 te sturen. Het knooppunt van beide dioden ligt aan de massa, de positieve ingang van de op-amp wordt dus ingesteld op een spanning van ongeveer +0,65V, de negatieve op een spanning van ongeveer −0,65 V. Het ingangssignaal, de gefilterde 50 Hz sinus, wordt via twee even grote weerstanden aan beide ingangen van de op-amp aangeboden. Als de sinus door de nul gaat, staan de twee ingangen op de diode-spanningen. De positieve ingang is dus positiever dan de negatieve en de op-amp loopt vast tegen de positieve voeding. Men kan nu berekenen dat, als de sinus positief of negatief wordt, de spanning op de positieve ingang op een bepaald moment kleiner wordt dan de spanning op de negatieve ingang. Een en ander is afhankelijk van de juiste verhouding tussen de weerstanden R14 en R16 enerzijds en de weerstanden R15 en R17 anderzijds. Op dat moment gaat de uitgang van de op-amp vastlopen tegen de negatieve voeding. Of beter gezegd, hij zou dat willen doen, maar de diode D12 gaat dan geleiden en de spanning op de uitgang van de schakeling wordt begrensd op ongeveer −0,65 V.
Op test-punt T.P.-3 ontstaat dus een nuldoorgangs-puls, die gelijk is aan +15 V rond de nuldoorgang van het net en voor de rest ongeveer 0 is. Precies het soort puls dat wij nodig hebben!

De gemodificeerde zaagtand-generator bestaat ook nu uit een stroombron, een condensator die door deze stroombron wordt opgeladen en een over de condensator geschakelde ontlaad-transistor. Het enige verschil is dat de stroombron nu geen constante stroom levert, maar een die volgens een exponentiele wet stijgt. De spanning over de condensator zal dus hetzelfde verloop kennen: in het begin zal de spanning per tijdseenheid langzaam toenemen en naarmate de spanning groter wordt zal ook de $\Delta_{spanning}$ per tijdseenheid stijgen. Het verloop van de spanning over de condensator is enigszins te vergelijken met de stroom/spanning karakteristiek van een silicium-diode.
Het zou te ver gaan de werking van deze exponentiële stroombron tot in de details te beschrijven. In het kort komt het er op neer dat transistor T4 de stroombron is, die gestuurd wordt door transistor T3. Deze staat met zijn basis-emitter overgang over de condensator geschakeld en het zal dus logisch zijn dat deze halfgeleider meer gaan geleiden naarmate de condensator oplaadt. Door het in geleiding komen van T3 wordt echter de basis van T4 negatiever. Het spanningsverschil tussen basis en emitter van T4 wordt groter en dus gaat deze transistor steeds meer geleiden. De laadstroom neemt toe. Beide

15.1 Een professionele belichtings-regeling

effecten werken versterkend op elkaar en het gevolg is dat de stroom steeds sneller en sneller gaat stijgen. Op een bepaald moment is echter de spanning over de condensator C21 zo groot geworden dat er nauwelijks spanning overblijft om transistor T4 te laten werken. Dit onderdeel moet het immers stellen met het spanningsverschil tussen de +15 V voeding en de spanning over de condensator. Het gevolg is dat de stroomstijging bij een condensatorspanning van ongeveer +8 V weer gaat afnemen en het spanningsverloop over de condensator in functie van de tijd weer platter gaat verlopen. De spanning die op test-punt T.P.-4 gemeten kan worden voldoet dus precies aan wat getekend is in figuur 4/15.1.1-7 in de eerste paragraaf van dit hoofdstuk.

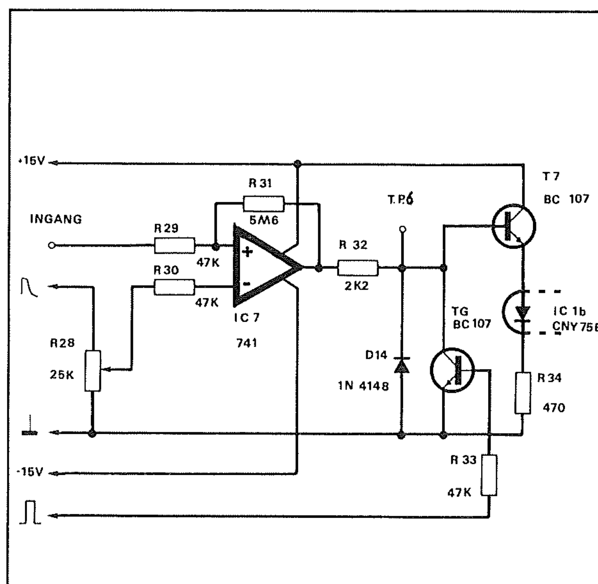
Het is nu weer een fluitje van een cent om de vorm van deze spanning te inverteren en een offset in te bouwen, zodat de geïnverteerde spanning niet tussen 0 en −12 V verloopt, maar tussen +12 V en 0. Beide opdrachten worden uitgevoerd door de als inverterende versterker geschakelde operationele versterker IC 6.

De vorm van de gemodificeerde zaagtand kan worden ingesteld met potentiometer R20, de grenzen van de geïnverteerde spanning worden afgeregeld met R25.

De basis van de ontlaad-transistor wordt gestuurd uit de sync-puls. Tussen de basis en de massa van T5 staat een condensator C22. Deze zorgt ervoor dat de transistor iets vertraagd in geleiding komt, waardoor het ontladen van de condensator precies in het midden van de sync-puls plaats vindt.

De comparator en optische sturing

De comparator, die de gemodificeerde zaagtand vergelijkt met de stuur-spanning tussen 0 en +10 V en uit deze vergelijking een puls afleidt waarvan de breedte een maat is voor de grootte van de stuur-spanning is getekend in figuur 4/15.1.3-5.
Deze schakeling en de daarop volgende sturing van de LED in de optische koppelaar zijn volledig identiek aan deze gebruikt in de 3 x 600 W dimmer-print.

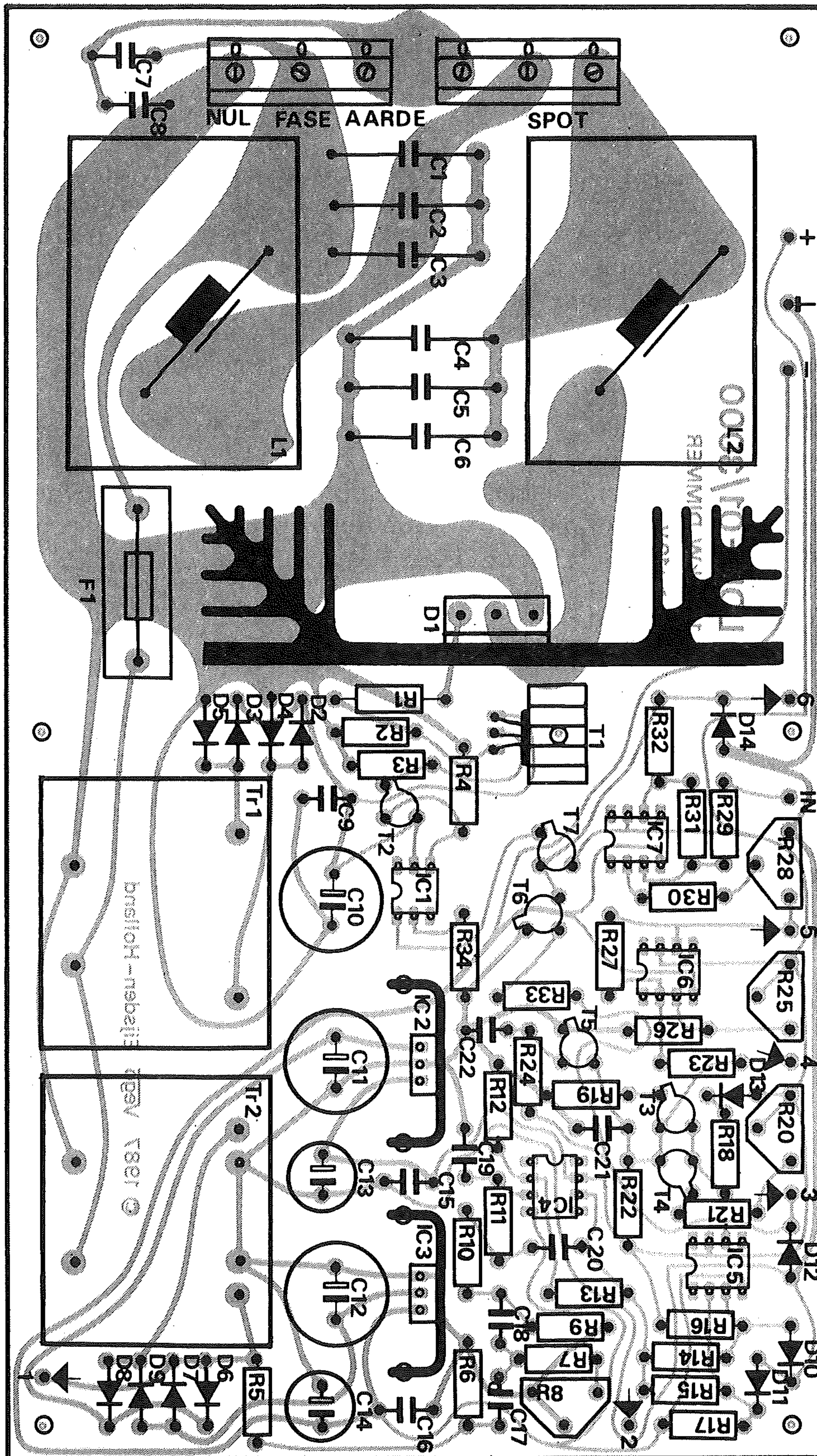


Figuur 4/15.1.3-5: De comparator en de aansturing van de LED uit de optische koppelaar.

Bouw van de dimmer-print

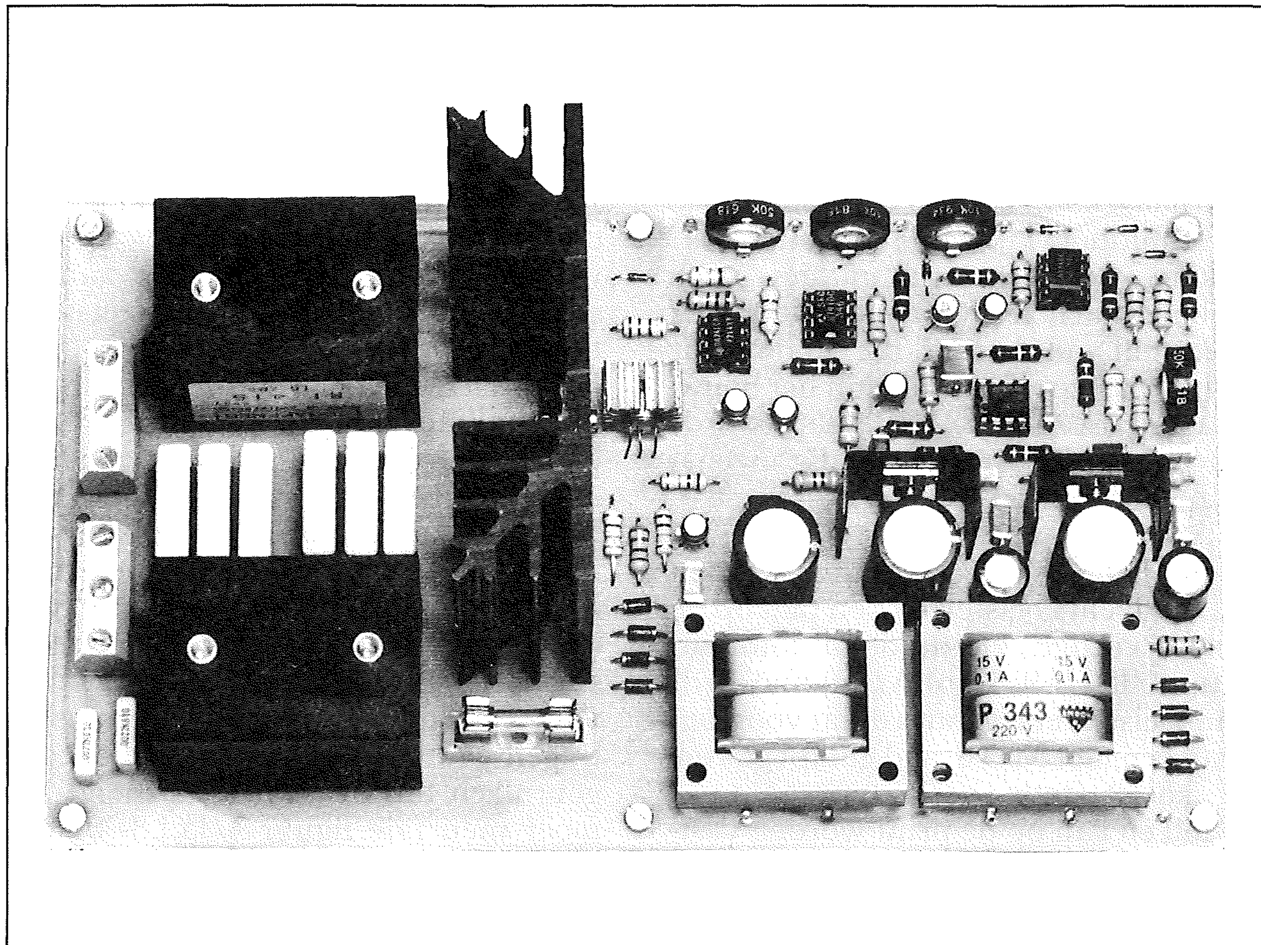
De LDP-01/3500 schakeling is ondergebracht op een forse print van 125 x 220 mm^2, waarvan de lay-out wordt prijsgegeven in figuur 4/15.1.3-6.
De bouw volgt uit de componenten-opstelling van figuur 4/15.1.3-7 en de overzicht-foto van figuur 4/15.1.3-8. Er zijn echter een aantal zaken waarop men moet letten.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.3-7: Componenten-opstelling.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



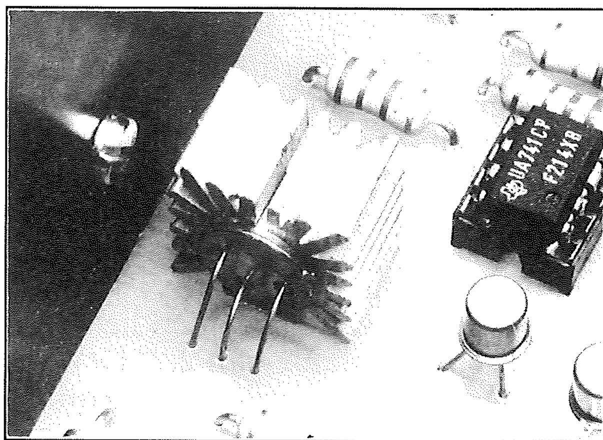
Figuur 4/15.1.3-8: Volledig gemonteerde LDP-01/3500 print.

De ontstoor-spoelen van het type RI 415 zijn door de fabrikant niet als print-uitvoering in de handel gebracht. De twee aansluitingen worden naar buiten gebracht onder de vorm van 25 cm lange, 2 mm dikke koperdraden. Op de onderzijde bevinden zich twee met M4 schroefdraad getapte bevestigingspunten. In dit ontwerp is het de bedoeling dat deze onderdelen wel als print-uitvoering worden behandeld. Het volstaat de aansluitdraden op 5 mm van het huis af te knippen, de isolatie te verwijderen, de laklaag van de koperdraad af te krassen en het geheel als ware het een onderdeel met printpennen in de print te solderen.

De triac heeft behoorlijk wat thermisch vermogen te verwerken en het is dus noodzakelijk een grote koelplaat toe te passen. In het proto-type werd gebruik gemaakt van een 75 mm lang koelprofiel van het type V 5511 van Assmann. Dit profiel heeft een breedte van 88 mm en een hoogte van 25 mm en heeft een thermische constante van 2,2° C/W. In de onderdelenlijst worden enige equivalenten van andere fabrikanten opgesomd. Het is de bedoeling dat in het grondvlak van dit profiel twee met M-4 draad getapte gaatjes worden gemaakt,

waarmee men het profiel loodrecht op de print kan vastschroeven. Deze gaatjes staan precies 40 mm van elkaar en liggen uiteraard symmetrisch ten opzichte van de lengte-as van het profiel. Daarnaast komt er nog een 4 mm gaatje in het middenvlak van het profiel (aan de kant van de getapte gaatjes) voor het bevestigen van de triac. Dit gat zit op 22 mm van de rand die op de print komt te rusten. Het profiel in het bouwpakket, dat van de LDP-01/3500 wordt samengesteld, is reeds volledig mechanisch voorbewerkt.

De BC 140 (T1) moet voorzien worden van een klein koelsterretje en plat op de print bevestigd, zie de detail-foto van figuur 4/15.1.3-9. Door Assmann wordt zo'n koelsterretje geleverd dat voorzien is van een met M-3 draad getapt gaatje. Dit koelsterretje heeft type-nummer 105260 en kan op de print worden vastgeschroefd.



Figuur 4/15.1.3-9: Detail-opname van de montage van de gate-transistor T1 in een koelsterretje op de print.

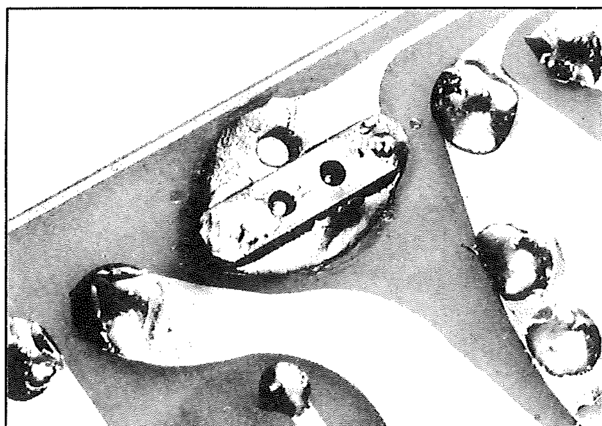
De twee stabilisatoren van de hoofdvoeding worden bevestigd op U-vormige rechtopstaande koelplaatjes van het type 105640/SE, eveneens van Assmann.
De drie aansluitingen voor het net en de drie aansluitingen voor de spot(s) worden uitgevoerd met forse aan de stroom aangepaste printkroonsteentjes.
Hierbij is een belangrijke, ja zelfs **levensbelangrijke opmerking** op zijn plaats. Alle spots hebben drieaderige aansluitkabels met fase, nul en aarde. **De smalle printbaan tussen de massa-aansluiting van het net en de massa-aansluiting van de spot voldoet natuurlijk aan geen enkel voorschrift wat betreft goede aarding van apparatuur.** Wil men deze aansluitingen van de printkroonsteentjes toch gebruiken om de spot te aarden, dan moet men (zie figuur 4/15.1.3-10) een dikke messing strip van minstens 4 mm^2 rechtstreeks tussen de soldeerpennetjes van de aardings-contacten van beide kroonsteentjes solderen. Men boort in de strip gaatjes op een onderlinge afstand van 15 mm, zet de strip zo over de aansluitpennetjes dat deze in de gaatjes vallen en soldeert alles aan elkaar vast.

Nog een laatste al even belangrijke opmerking. De ene zekering op de print zit niet in de kring van de triac en de spot, maar beveiligt alleen de twee print-trafo's. Iedere dimmer-print moet extern gezekerd worden met een 16A zekering.

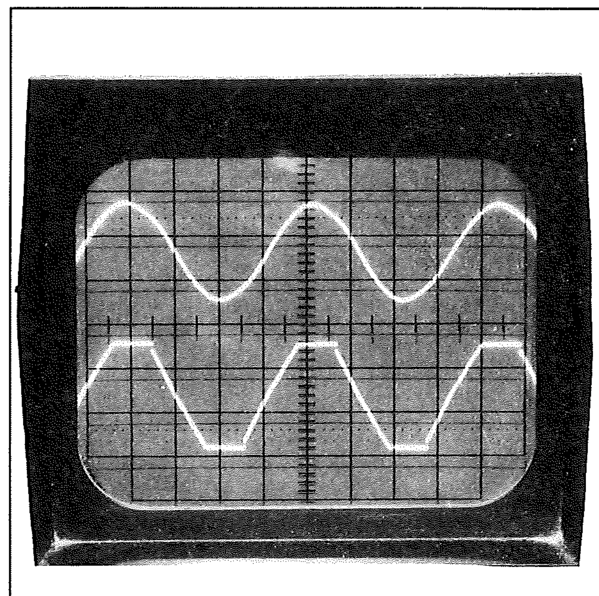
Afregelen van de schakeling

Voor het afregelen van de LDP-01/3500 heeft men een oscilloscoop, een regelbare voeding en een universeelmeter nodig.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.3-10: De messing strip tussen de aardings-aansluitingen van de twee printkroonsteentjes.



Figuur 4/15.1.3-11: Vergelijking van de 50 Hz sinus voor en na filtering.

Denk er aan dat grote delen van de print of rechtstreeks of via een zeer lage impedantie met de fase van het net verbonden zijn en het dus levensgevaarlijk is de print ondoordacht aan te raken als zij met het net verbonden is!

Sluit de 220 V ~ op de print aan, maar nog geen lamp. Meet of de gestabiliseerde spanningen gelijk zijn aan + en − 15 V. Deze spanningen kunnen aan de drie soldeerlipjes, opgesteld naast spoel L2, gemeten worden en staan daar overigens ook ter beschikking voor het voeden van de regel-schakeling(en).

Sluit een kanaal van de scoop aan op T.P.-1 en het tweede kanaal op T.P.-2. Verdraai potentiometer R8 tot beide spanningen precies in fase zijn, dus tot de beide sinussen op precies hetzelfde moment (→ plaats op het scherm) door de nul gaan. figuur 4/15.1.3-11 geeft een idee hoe een en ander er na exacte afregeling moet uitzien. Uit deze foto blijkt overigens duidelijk hoe goed het filter zijn werk verricht. De toppen van de trafo-spanning (onderste beeld) zijn afgeplat door magnetische verzadiging van de kern. Deze grote vervorming (→ hogere harmonischen) wordt er zo goed als volledig uitgefilterd! De gefilterde sinus heeft een top-tot-top waarde van ongeveer 10 V.

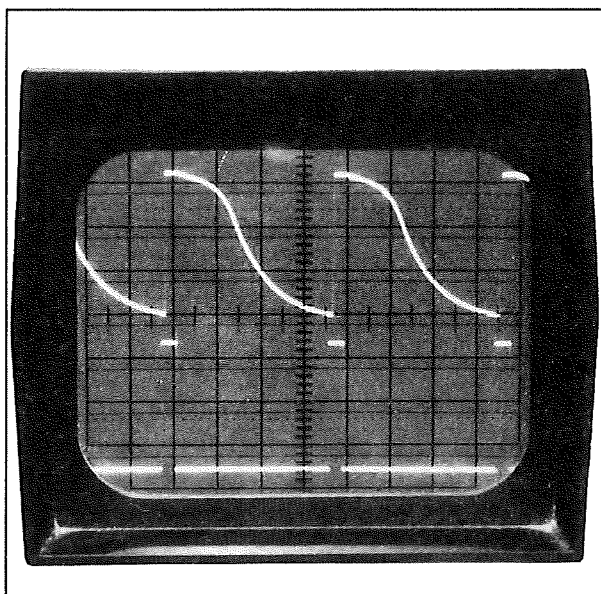
Verplaats een kanaal van de scoop naar T.P.-3. Op de uitgang van IC5 moet een smalle positieve puls van ongeveer +14 V te aanschouwen zijn, die symmetrisch in de tijd verloopt rond de nuldoorgang van de sinus op T.P.-2. De breedte van deze puls is ongeveer gelijk aan 0,8 ms.

Zet de ingang van het tweede kanaal op T.P.-4 en verdraai potentiometer R20 tot de gemodificeerde zaagtand een grootte heeft van 12 V. De basis-lijn moet gelijk vallen met de nul-as van het beeld, de vorm verloopt volgens een S-curve.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

De achterflank van de zaagtand moet ongeveer in het midden van de positieve sync-puls, nog steeds aangesloten op het andere kanaal, vallen.

Verplaats de meetprobe van T.P.-4 naar T.P.-5. De gemodificeerde zaagtand moet nu geïnverteerd zijn. Stel met potentiometer R25 de onderste top van het signaal gelijk met de nul-as van het beeld. Als alles goed is, moet nu het plaatje van figuur 4/15.1.3-12 op het scherm staan.



Figuur 4/15.1.3-12: De onderling relatie en de vorm van de gemodificeerde zaagtand en de sync-puls.

Verplaats een van de scoop-ingangen naar T.P.-6. Er mag geen signaal zichtbaar zijn. Sluit nu een regelbare voeding aan tussen de massa en de ingang van de print, negatieve aansluiting aan de massa. Verdraai de uitgangsspanning van deze voeding langzaam van 0 tot +10 V. Er moet nu een positieve puls op het beeld verschijnen, waarvan de achterflank samenvalt met de voorflank van de sync-puls en de breedte toeneemt naarmate de ingangsspanning stijgt. Regel de ingangsspanning op precies +10 V af en verdraai R28 tot de puls zijn maximale breedte heeft.

De schakeling is nu volledig afgeregeld en de goede werking kan nog even gecontroleerd worden door een willekeurig gloeilampje op de SPOT-uitgang aan te sluiten. De intensiteit moet stijgen als men de ingangsspanning van 0 tot +10 V opdraait.

Het gebruik

In de meeste gevallen zal men slechts een LDP-01/3500 print op een fase van het net kunnen aansluiten. Voor systemen waar behoefte bestaat aan meerdere zware spots moet men beroep doen op een drie-fase aansluiting en dan kan men drie LDP-01/3500 printen volgens het schema van figuur 4/15.1.3-13 op dit net aansluiten.
Deze drie printen kunnen bestuurd worden met een LLC-03-S regelpaneel, waarbij de voeding daarvoor uit een van de drie dimmer-printen betrokken kan worden.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W

R1	= 220 Ω, 1/2 W
R2,R14,R15,R21	= 1 kΩ
R3,R4,R24	= 10 kΩ
R5	= 2,7 kΩ
R6,R7	= 4,7 kΩ
R9	= 220 kΩ
R10,R11,R12,R13	= 100 kΩ
R16,R17,R18,R22	= 100 kΩ
R23,R27	= 100 kΩ
R19	= 27 kΩ

15.1 Een professionele belichtings-regeling

R26,R32 = 2,2 kΩ
R29,R30,R33 = 47 kΩ
R31 = 5,6 MΩ
R34 = 470 Ω

Instelpotentiometers, Piher PT-15-NH
R8,R28 = 22 kΩ
R20,R25 = 10 kΩ

Condensatoren
C1 → C6 = 100 nF, 630 V WIMA MKS-4
C7,C8 = 2,2 nF, 630 V WIMA MKS-4
C9,C15,C16,C17 = 100 nF, MKH
C10 = 2200 μF, 35 V print-elco
C11,C12 = 1000 μF, 35 V print-elco
C13,C14 = 100 μF, 25 V print-elco
C18,C20 = 22 nF, MKH
C19 = 33 nF, MKH
C21 = 470 nF, MKH
C22 = 150 nF, MKH

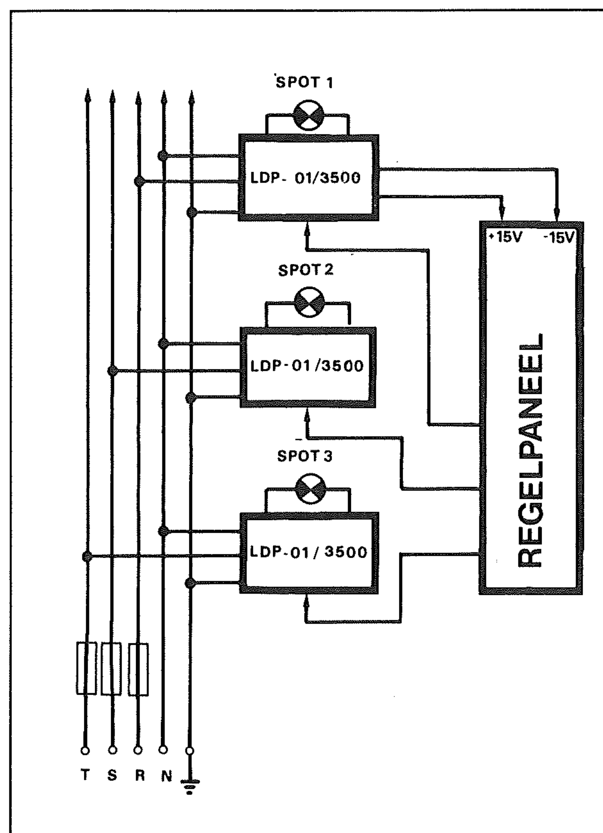
Halfgeleiders
D1 = TIC 263 D, 25 A ~ triac
D2 → D9 = 1 N 4004
D10 → D14 = 1 N 4148
T1 = BC 140, BC 141
T2,T3,T5, T6,T7 = BC 107
T4 = BC 177

Geïntegreerde schakelingen
IC1 = CNY 75 B
IC2 = 7815
IC3 = 7915
IC4, IC5, IC6,IC7 = 741

Diversen
Tr1 = P 311, Amroh
Tr2 = P 343, Amroh
L1,L2 = RI 415, Schaffner
1 x printzekeringhouder
1 x zekering, 315 mA
2 x printkroonsteentje, drie-polig, raster 10
1 x koelprofiel 75 mm
V 5511, Assmann
DEF-48, Delfout
SK-79, Fischer
1 x koelsterretje 105260, Assmann
2 x koelproefiel 105640/SE, Assmann
PB 1-36, IERC
KU 3-300, diverse
1 x 6-pens IC-voetje
4 x 8-pens IC-voetje
10 x printsoldeerlipje

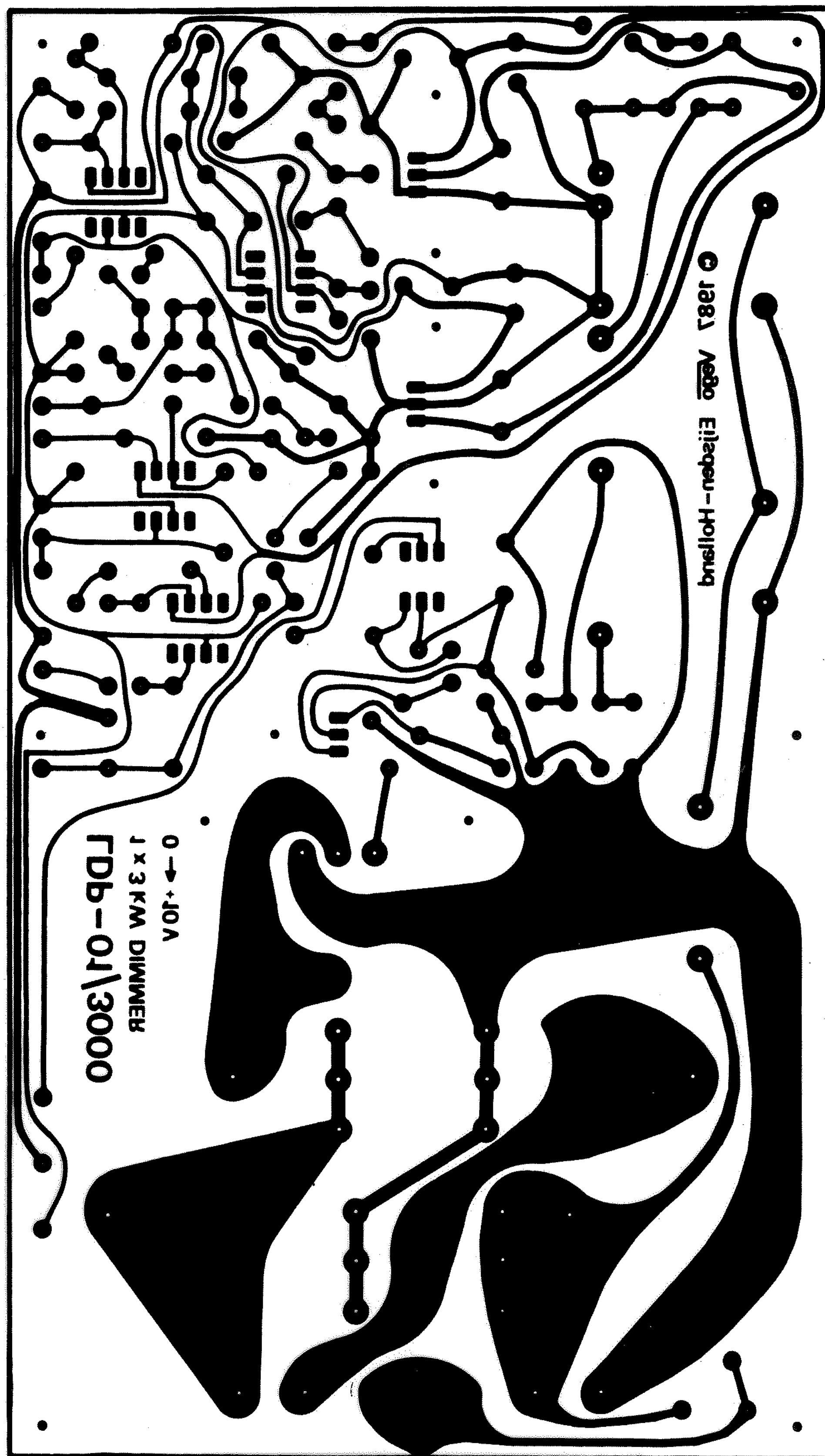
Bouwpakket-service
In verband met de moeilijke verkrijgbaarheid voor de gemiddelde doe-het-zelver van de RI 415 spoelen en de MKS-4 condensatoren heeft de uitgever, in samenwerking met de ontwerper van het systeem, besloten complete onderdelen-pakketten van de LDP-01/3500 aan te bieden. De pakketten bevatten de print en alle onderdelen volgens de onderdelenlijst.
Een pakket wordt onder rembours geleverd voor *f* 262,00, inclusief BTW en verzendingskosten.
Bestellingen uitsluitend schriftelijk richten aan:
Vego, B. Lambertstraat 43, 6245 HG Eijsden.
Levertijd is afhankelijk van de vraag en ligt tussen de 0 en 8 weken.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.3-13: Het aansluiten van drie LDP-01/3500 dimmer-printen op een drie-fasen net en een regelpaneel.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.3-6: Ontwerp van de LDP-01/3500 print.

4/15.1.4

Driekanaals regelpaneel LLC-03-S

Inleiding

Zoals reeds in de inleiding van dit hoofdstuk gezegd, moet het regelpaneel voldoen aan de specifieke eisen die gesteld worden door de praktijk van de scene-belichting.
Een theaterstuk is opgebouwd uit een aantal elkaar opvolgende scènes, die in de meeste gevallen ieder op een andere manier moeten worden uitgelicht. De lichtintensiteiten van alle kanalen voor alle scènes worden tijdens de repetities genoteerd en de bedoeling is dat de lichttechnicus tijdens de voorstelling soepel kan omschakelen van de ene licht-instelling naar de volgende. Dat is alleen mogelijk als de instellingen van alle kanalen reeds op de een of andere manier op het regelpaneel aanwezig zijn en men met een vloeiende beweging van één algemene regelaar van de bestaande naar de nieuwe uitlichting kan omschakelen.
Regelpanelen voor theatertechnische toepassingen beschikken dan ook over een aantal typisch benoemde schuifpotentiometers, de presets en de cross-fader. Ieder kanaal van de installatie heeft minstens twee presets. Deze presets zijn ingedeeld in groepen en alle presets van een groep zijn naast elkaar gemonteerd. Op iedere groep kan men de uitlichting van een scène instellen. Bij de eenvoudige regelpanelen, zoals het in deze paragraaf besproken model LLC-03-S, kan men dus twee scènes voorprogrammeren. Met de cross-fade schuifpotentiometer kan men ofwel de ene preset-groep ofwel de andere inschakelen. Terwijl de eerste scène wordt uitgelicht (cross-fader in de ene uiterste stand) kan men in relatieve rust de tweede preset-groep programmeren. De lichttechnicus loopt dus steeds een scène voor op de akteurs.
Naast deze scène-omschakeling moet het regelpaneel een knop hebben waarmee men gelijktijdig de intensiteit van alle spots van de preset-waarde naar nul kan regelen. Deze potentiometer noemt men de master-fader en uiteraard is ook ons regelpaneel daarmee uitgerust.
Naast deze basisvoorzieningen kan men op de meeste regeltafels een aantal extra's vinden en het zal wel duidelijk zijn dat er een rechtstreeks verband bestaat tussen het aantal en de prijs! Toch kan men zich de vraag stellen of al die mooie extra's nu wel zo nuttig zijn en of zij de overzichtelijke bediening van het paneel niet eerder bemoeilijken. En overzicht is bij dit soort toepassingen zeer belangrijk! Een belichtingsfout, veroorzaakt door per ongeluk indrukken van een verkeerd knopje op een zeer groot super de luxe regelpaneel kan het hoogtepunt van een dramatische sterfscène doen lijken op een productie van het theater van de lach!
Hoewel al deze extra's elektronisch niet zo erg veel voorstellen hebben wij bewust voor een sobere opzet gekozen. De enige

extra's die u op de LLC-03-S aantreft zijn een black-out schakelaar en een flash-toets per kanaal. Met de eerste kan men de volledige belichting plotseling uitschakelen, met de tweede kan men ieder kanaal volledig uitsturen. De flash-toetsen hebben absolute voorrang op alle andere instellingen. En omdat deze vaak gebruikt worden voor speciale effecten zoals het simuleren van bliksems, zijn deze uitgevoerd met aanraaktoetsen. Men kan deze schakelaars dus vederlicht en erg snel bespelen.

Blokschema

Aan de hand van de in de vorige paragraaf opgesomde ontwerp-criteria kan men het blokschema van de LLC-03-S als getekend in figuur 4/15.1.4.-1 opstellen.
Het zal duidelijk zijn dat de master-fader, de cross-fader en de black-out schakelaar invloed hebben op alle kanalen. Het is dus logisch dat wij deze drie regelaars aantreffen in het eerste blok. Dit blok leidt uit de -15 V voedingsspanning, afkomstig van de dimmer-print, twee spanningen af, de zogenaamde preset-lijnen. Deze lijnen worden aan de twee preset-potentiometers van ieder kanaal aangeboden. De grootte van de spanningen op de preset-lijnen is afhankelijk van de stand van de master-fader en van de positie van de cross-fader. De stand van de twee preset's van een kanaal bepaalt de uitgangsspanning en dus de intensiteit van de op dat kanaal aangesloten spot. De aanraak-sensoren sturen de flashchakelingen. De uitgangsspanningen van de preset-schakeling en van de sensorschakeling worden gemengd in een zeer eenvoudige menger en aan de uitgang aangeboden.

De twee preset-lijnen A en B staan ter beschikking voor het voeden van een of meerdere expanders, zodat men het systeem met meerdere kanalen kan uitbreiden en alle kanalen toch door de master- en cross-faders van de hoofd regelprint gestuurd worden.

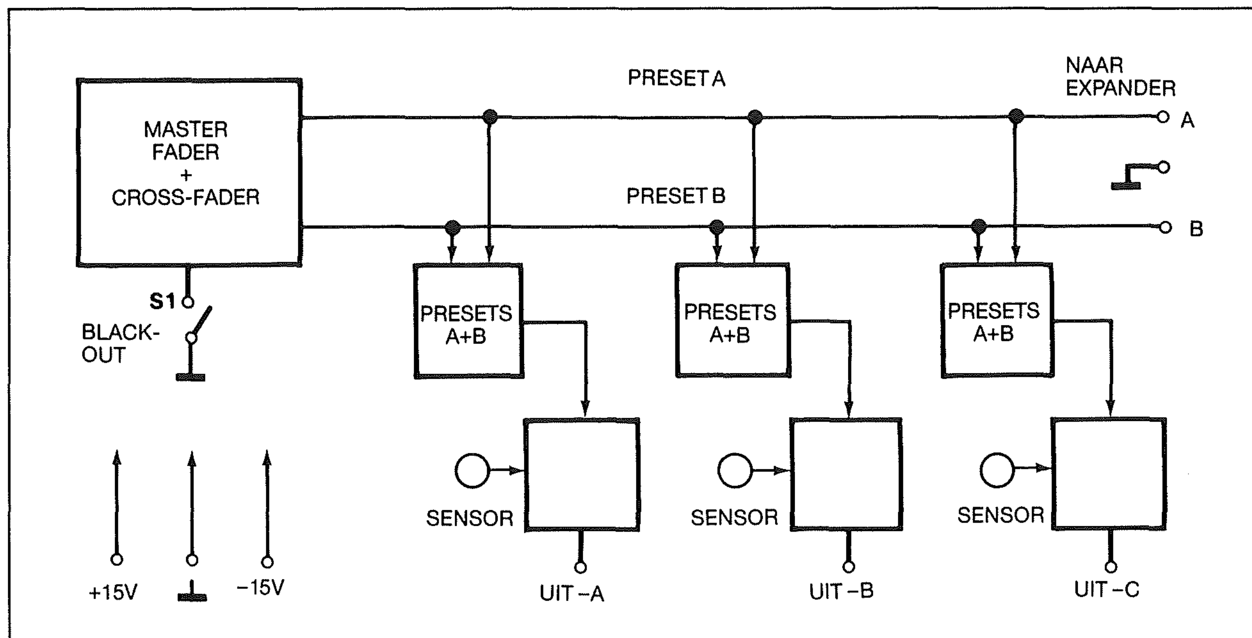
Het principe van de regeling

De uitgangsspanning van een kanaal is afhankelijk van vier potentiometers en één schakelaar:
- de algemene master-fader;
- de cross-fader;
- de preset A;
- de preset B;
- de black-out schakelaar.

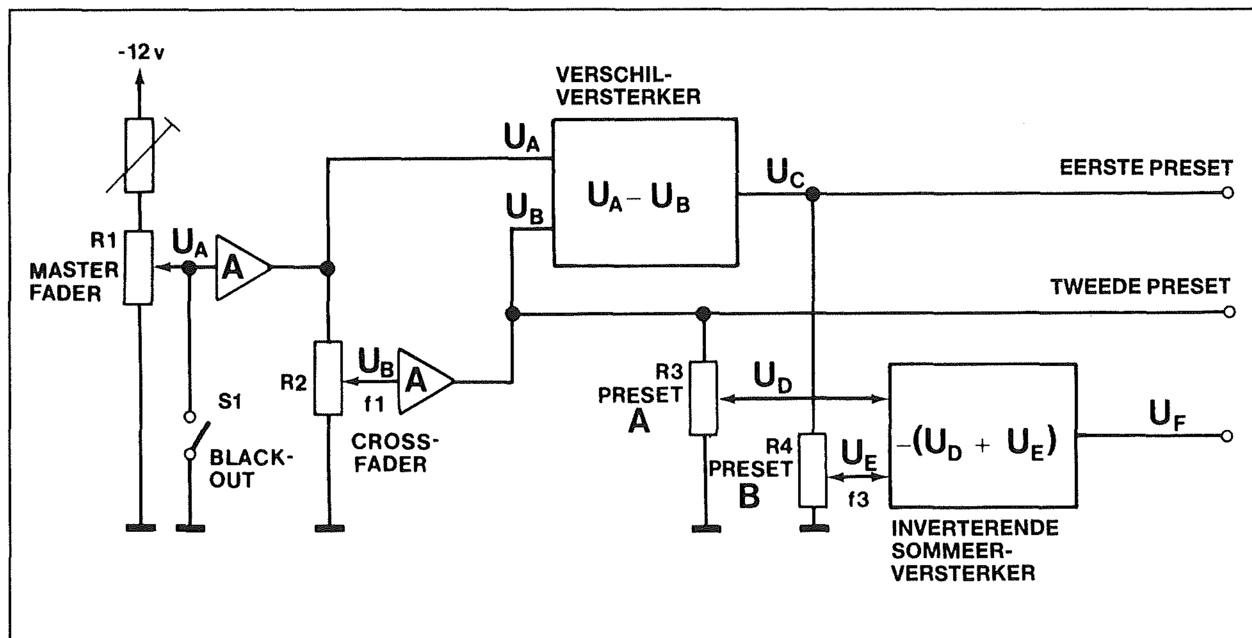
Bovendien moet men bij het ontwerp van de schakeling rekening houden met de in de inleiding gestelde eis van dipless crossfade werking. Als de twee preset's van een kanaal in dezelfde stand staan en men schuift de cross-fader van de ene naar de andere uiterste stand, dan moet de intensiteit van de op dat kanaal aangesloten spot constant blijven.

Al deze eisen kunnen met een verbazingwekkend eenvoudige schakeling vervuld worden. Het enige probleem is dat men deze schakeling nauwelijks fysisch kan verklaren. Aan de hand van het uitgewerkte schema van figuur 4/15.1.4-2 kunnen wij echter de goede werking van de schakeling door middel van enige eenvoudige berekeningen aantonen.
De schakeling gebruikt operationele versterkers, die in drie configuraties zijn geschakeld:
- als buffer, niet inverterende x1 versterker (A);
- als verschil-versterker (U_A - U_B, die het rekenkundige verschil berekent tussen de spanning U_A en de spanning

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.4-1: Het blokschema van het regelpaneel LLC-05-S.



Figuur 4/15.1.4-2: Aan de hand van dit principiële schema wordt de werking van de basis-schakeling wiskundig toegelicht.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

U_B;

- als inverterende sommeer-versterker $-(U_D - U_E)$, die eerst de twee spanningen U_D en U_E optelt en deze som nadien inverteert.

De formules van de actieve componenten van de schakeling zijn dus zeer eenvoudig, het enige wat ook nog in formule-vorm moet worden gegoten is het verband tussen de spanning over een potentiometer en de spanning op de loper van hetzelfde onderdeel. Als de spanning over de potentiometer bijvoorbeeld U_A is en de spanning op de loper U_B, dan hangt de waarde van U_B niet alleen af van de waarde van U_A, maar ook van de stand van de loper. Deze stand kunnen wij wiskundig onderbrengen in een factor f, die een waarde heeft tussen 0 en 1.
De formule wordt dan:

$$U_B = U_A . f$$

Als de loper tegen de massa staat is $f = 0$ en $U_B = 0$.
Als de loper helemaal in de andere uiterste stand staat is $f = 1$ en $U_B = U_A$.
Aan de slag, nu!

De master-fader R1 wordt aangesloten op een spanning van precies -10 V. Deze wordt afgeleid uit de negatieve voeding en is met de instelpotentiometer in serie precies in te stellen. De spanning U_A is afhankelijk van de stand van de loper van R1. Deze spanning wordt gebufferd in een operationele versterker en aangeboden aan de cross-fader potentiometer R2. De spanning op de loper van dit onderdeel:
$U_B = f_1 . U_A$
Ook deze spanning wordt gebufferd en vormt de tweede preset-lijn van het regelsysteem.
Deze lijn voedt de eerste preset-potentiometer R3. De spanning op de loper is:

$$U_D = f_2 . U_B$$
$$f_1 . f_2 . U_A$$

De spanningen U_A en U_B worden aangelegd aan de twee ingangen van de verschilversterker. De uitgangsspanning van deze schakeling:

$$U_C = U_A - U_B$$
$$U_A - f_1 . U_A$$
$$U_A . (1 - f_1)$$

Deze spanning vormt de eerste preset-lijn van het systeem en wordt over de tweede preset-potentiometer R4 gezet.
Op de loper van dit onderdeel staat U_E, gelijk aan:

$$U_E = f_3 . U_C$$
$$f_3 . U_A . (1 - f_1)$$
$$U_A . f_3 - U_A . f_1 . f_3$$

De twee spanningen van de preset-potentiometers worden aan de twee ingangen van de inverterende sommeer-versterker aangeboden. De uitgangsspanning U_F van het systeem:

$$U_F = -(U_D - U_E)$$
$$-(f_1 . f_2 . U_A + U_A . f_3 - U_A . f_1 . f_3)$$

of:

$$U_F = -U_A . (f_1 . f_2 + f_3 - f_1 . f_3)$$

De uitgangsspanning van het systeem is dus afhankelijk van alle regelaars. Om samen te vatten:

- U_A brengt de invloed van de master-fader in;
- f_1 symboliseert de invloed van de cross-fader;
- f_2 werkt in via preset A;
- f_3 via preset B.

Uit deze ingewikkelde formule kan men

15.1 Een professionele belichtings-regeling

enige interessante conclusies trekken.

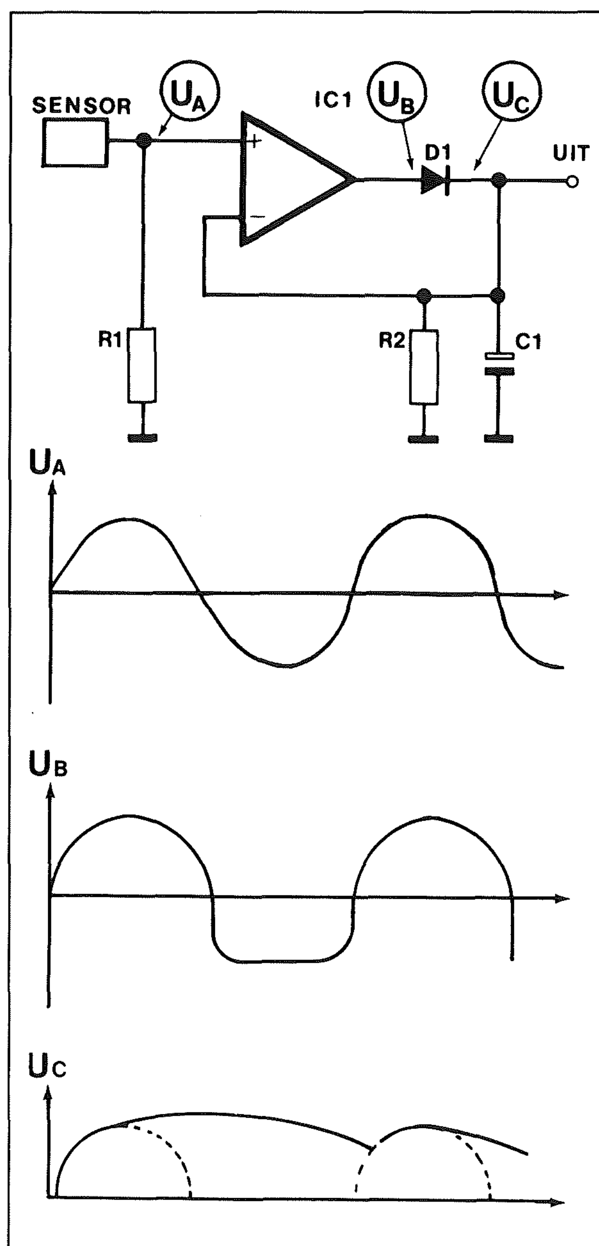
- De uitgangsspanning is geïnverteerd ten opzichte van U_A, de negatieve waarde van U_A levert dus een positieve uitgang op.
- U_A werkt overheersend in op de uitgangsspanning, sluit met deze spanning kort naar de massa (black-out schakelaar S1) dan wordt de uitgang gelijk aan nul.
- Als de cross-fader volledig naar boven wordt geschoven ($f_l = 1$) dan wordt de uitgangsspanning:
  $U_F = -U_A \times (f_2 + f_3 - f_3) = -U_A \cdot f_2$
  en zal de uitgangsspanning alleen afhankelijk zijn van de master-fader en preset A.
- Zet men de cross-fader in de andere uiterste stand ($f_l = 0$), dan wordt de formule:
  $U_F = -U_A \cdot f_3$
  en wordt de uitgangsspanning alleen bepaald door de instelling van de master-fader en preset B.
- Als men de twee preset's in dezelfde stand zet ($f_2 = f_3 = f$), dan wordt de formule:
  $U_F = -U_A \cdot (f_l \cdot f + f - f_l \cdot f) = -U_A \cdot f$
  en heeft de cross-fader geen invloed op het resultaat, hetgeen betekent dat de schakeling inderdaad dipless werkt.

Deze berekeningen gaan er wel van uit dat de schakelingen rond de operationele versterkers ideaal werken. Men moet de toleranties op de onderdelen zo klein mogelijk houden, dus 1% metaalfilm-weerstanden gebruiken.

Het principe van de sensor-schakeling

Er zijn in de loop der jaren een groot aantal zeer spitsvondige schakelingen ontwikkeld, die het aanraken van een elektrisch geleidend oppervlak omzetten in een mooi elektrisch signaal. Er zijn zelfs een aantal speciaal voor dit doel ontwikkelde IC's op de markt gekomen. In de LLC-03-S wordt echter een systèem gebruikt, dat niet zo bekend is, uitstekend werkt en bovendien het toppunt van eenvoud is. Het menselijke lichaam bevindt zich steeds in het elektromagnetische veld van het 50 Hz wisselstroomnet. Raak maar eens de meetprobe van een oscilloscoop aan en bewonder de sinusvormige spanning van verschillende tientallen volt! Die spanning kan nu, met de schakeling van figuur 4/15.1.4-3, aangeboden worden aan een zeer hoogohmige gelijkrichter. Het resultaat is een mooie gelijkspanning van ongeveer +12 V, meer dan voldoende voor het volledig opensturen van onze triac's, die immers genoegen nemen met een stuurspanning van +10 V. De hoogohmige weerstand R1 is aangebracht om de ingang van de op-amp niet open te laten. De schakeling wordt dan veel te gevoelig en spreekt aan op stoorsignalen in de lucht. De operationele versterker is geschakeld als positieve top-detector. Zonder afvlakcondensator C1 volgt de uitgang het verloop van de positieve halve perioden op de ingang en is gelijk aan nul als de ingang negatief wordt. De diode geleidt bij positieve signalen en de versterker is geschakeld als buffer met een ingangsimpedantie die alleen door de waarde van R1 wordt bepaald. Bij negatieve signalen spert de diode. De terugkoppeling wordt onderbroken en de op-amp werkt in open lus. De uitgang loopt vast tegen de negatieve voeding, maar de sperrende diode belet dat deze spanning doordringt tot de uitgang van de schakeling. De positieve halve perioden op de uitgang worden afgevlakt door C1, op de uitgang ontstaat een positieve gelijkspanning.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.4-3: De werking van de topdetector van de sensorschakeling voor de flashfunctie.

Het volledige schema

Het volledige schema van het regelpaneel is getekend in figuur 4/15.1.4-4.

De schakeling die in het vette gestippelde kader is getekend is drie maal aanwezig, voor ieder kanaal een maal.
Het linker deel van het schema vormt de schakeling die de twee preset-signalen genereert. De master-fader R2 stuurt de buffer-versterker IC1. De uitgang van deze schakeling voedt de cross-fader R4 en één ingang van de verschil-versterker IC3.
De buffer die de cross-fader afsluit is uitgerust met een vermogenstrapje. De uitgang van IC2 stuurt de basis van de transistor T1, de spanning over de emitterweerstand wordt teruggekoppeld naar de inverterende ingang van de versterker. Door deze terugkoppeling zal de spanning op de emitter van de halfgeleider steeds gelijk zijn aan de spanning op de niet-inverterende ingang, dus op de loper van potentiometer R4. Deze buffer zou niet noodzakelijk zijn als de preset-lijnen alleen de drie kanaal-schakelingen uit het basis regelpaneel zouden moeten sturen. Maar omdat het de bedoeling is dat de schakeling met een in principe onbegrensd aantal kanalen kan worden uitgebreid, moet men er rekening mee houden dat de preset-lijnen tamelijk zwaar belast worden. Te zwaar voor de uitgang van een gewone op-amp buffer.
Ook de mengversterker, die de tweede preset-lijn stuurt, is voorzien van een identieke transistor-buffer.
De twee preset-lijnen en de voedingsaansluitingen van de twee bufferende operationele versterkers worden ontkoppeld door condensatoren C1 tot en met C6. De twee externe aansluitingen van de presetlijnen worden via kortsluitbeveiligingsweerstanden R11 en R12 met de lijnen verbonden.
De vier weerstanden R6 tot en met R9 stellen de op-amp IC3 in als verschil-

versterker en moeten een zo klein mogelijke tolerantie hebben. Gebruik dus 1% metaalfilm-weerstanden.

Hetzelfde geldt trouwens voor de vier weerstanden RB, RD, RE en RF, die de inverterende sommeer-versterker ICA instellen. De uitgang van deze schakeling gaat via de diode DA naar het punt waar het signaal van de sensor-gelijkrichter via DB wordt aangevoerd. Omdat er alleen met positieve gelijkspanningen wordt gewerkt, kan men de menger zonder problemen op deze wel heel eenvoudige manier opbouwen. De twee dioden verhinderen dat de twee signalen elkaar wederzijds beïnvloeden. Tussen het mengpunt en de uitgang van een kanaal is een beveiligings-weerstand RG opgenomen.

De twee voedingsspanningan van +/-15 V worden geleverd door de dimmer-print die door de regelschakeling wordt gestuurd. Beide spanningen worden op de regelprint nog eens ontkoppeld met condensatoren van 10 μF. De LED D1 maakt kenbaar dat de schakeling onder spanning staat.

Bouw van de schakeling

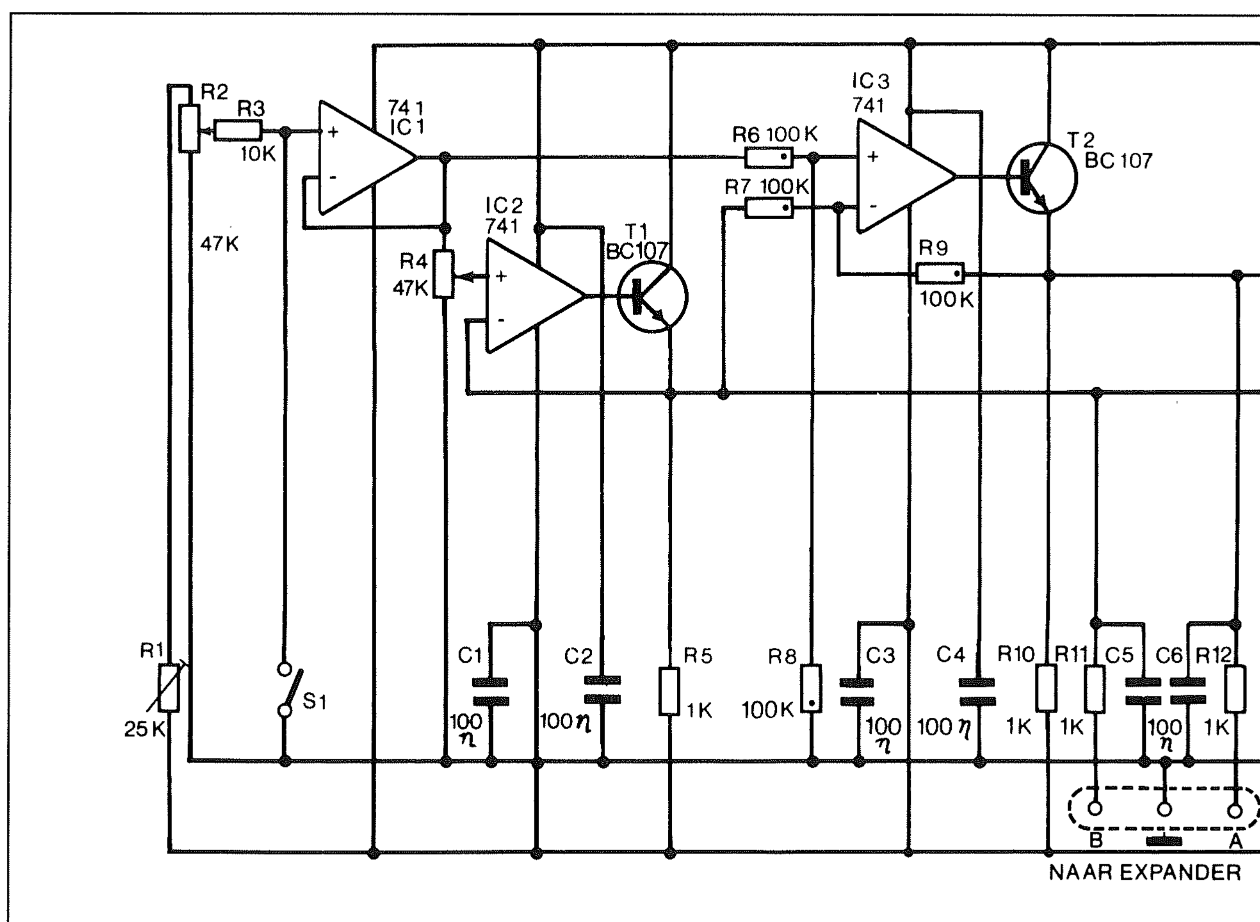
In principe zou men de schakeling op een erg klein printje kunnen opbouwen. Wel zou men dan een hele tijd zoet zijn met het met draadjes verbinden van alle potentiometers met de print.
Wij verkozen een 'alles op de print'-ontwerp met als groot voordeel het totaal gebrek aan bedrading en als klein nadeel een tamelijk forse print.
Het ontwerp voor dit stukje epoxy is getekend in figuur 4/15.1.4-5, de plaats van de onderdelen kan men afleiden uit figuur4/15.1.4-6.

Enige opmerkingen over de bouw.

- De print bevat 9 draadbruggen, gemerkt van A tot en met I, deze worden het eerst aangebracht.
- De black-out schakelaar S1 is als dubbelpolige omschakelaar uitgevoerd, niet omdat dit schakeltechnisch noodzakelijk is maar vanwege de stevigheid van de directe print-montage. Soldeer zes draadjes aan de aansluitlipjes, duw nadien de schakelaar door de gaatjes in de print en soldeer vast als ware het een normaal print-onderdeel.
- De maatvoering op de print voor de schuifpotentiometers is aangepast aan de mono-modellen van Radiohm, zonder interne afscherming. Deze kunnen met twee schroefjes op de print bevestigd worden.
- De drie sensoren zijn bij het proto-type gewone M-3x25 boutjes van messing, die met tussenvoeging van 20 mm lange kunststof afstandsbussen op de print zijn geschroefd. De koppen van de boutjes vormen de 'sensoren', het grote kopereneiland rond het bevestigingsgat zorgt via de moer voor het elektrische contact met de schakeling. Figuur 4/15.1.4-7 geeft een impressie van de kompleet gemonteerde print.

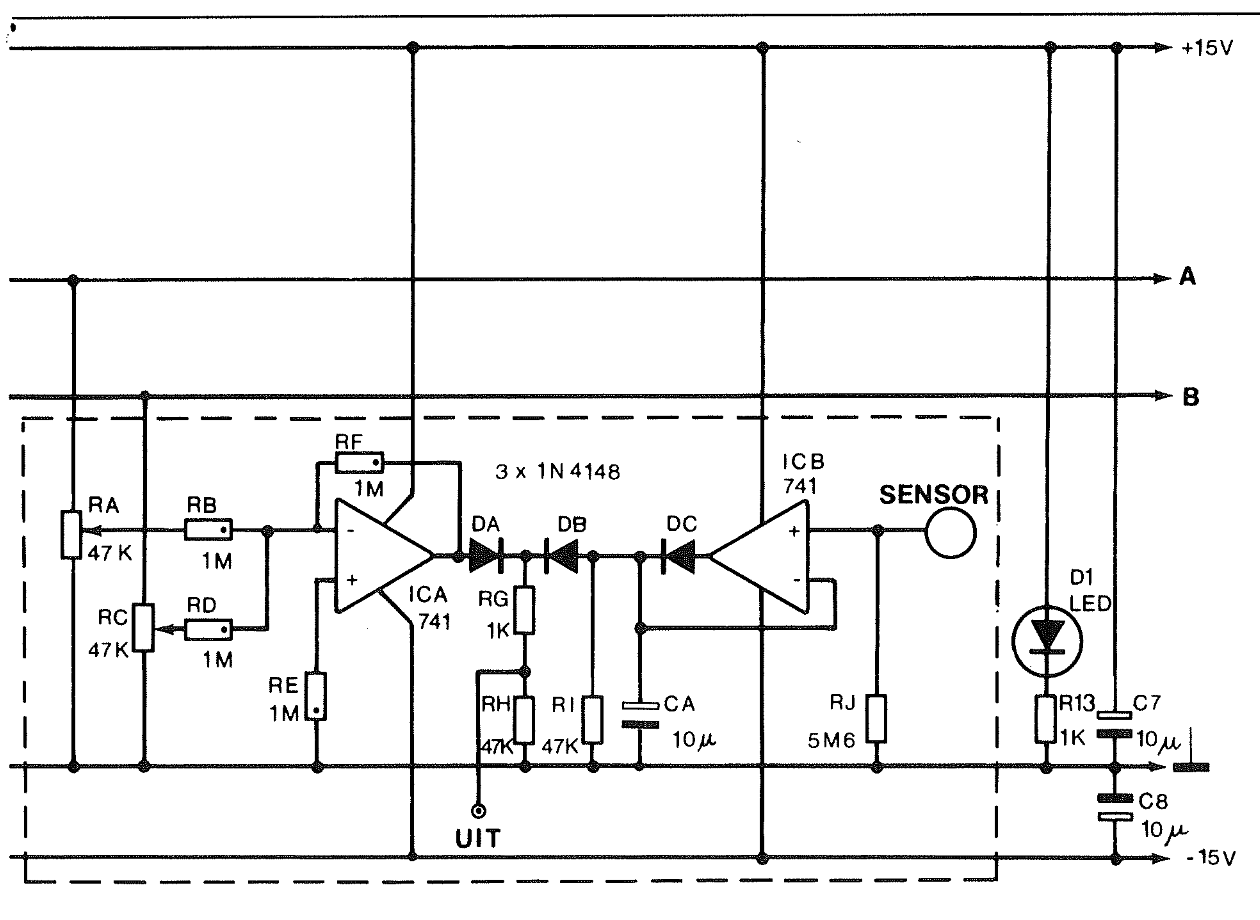
Helaas zijn de afmetingen van dit boek te klein om een ontwerp voor het frontplaatje op ware grootte af te drukken. Was de print iets kleiner geweest, dan hadden wij dat ontwerp op ware grootte op een transparant vel kunnen laten zeefdrukken, zodat men met een plaatje fotogevoelig aluminium en een UV belichtingsbak in no time een zeer professioneel uitziend frontplaatje ter beschikking gehad.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

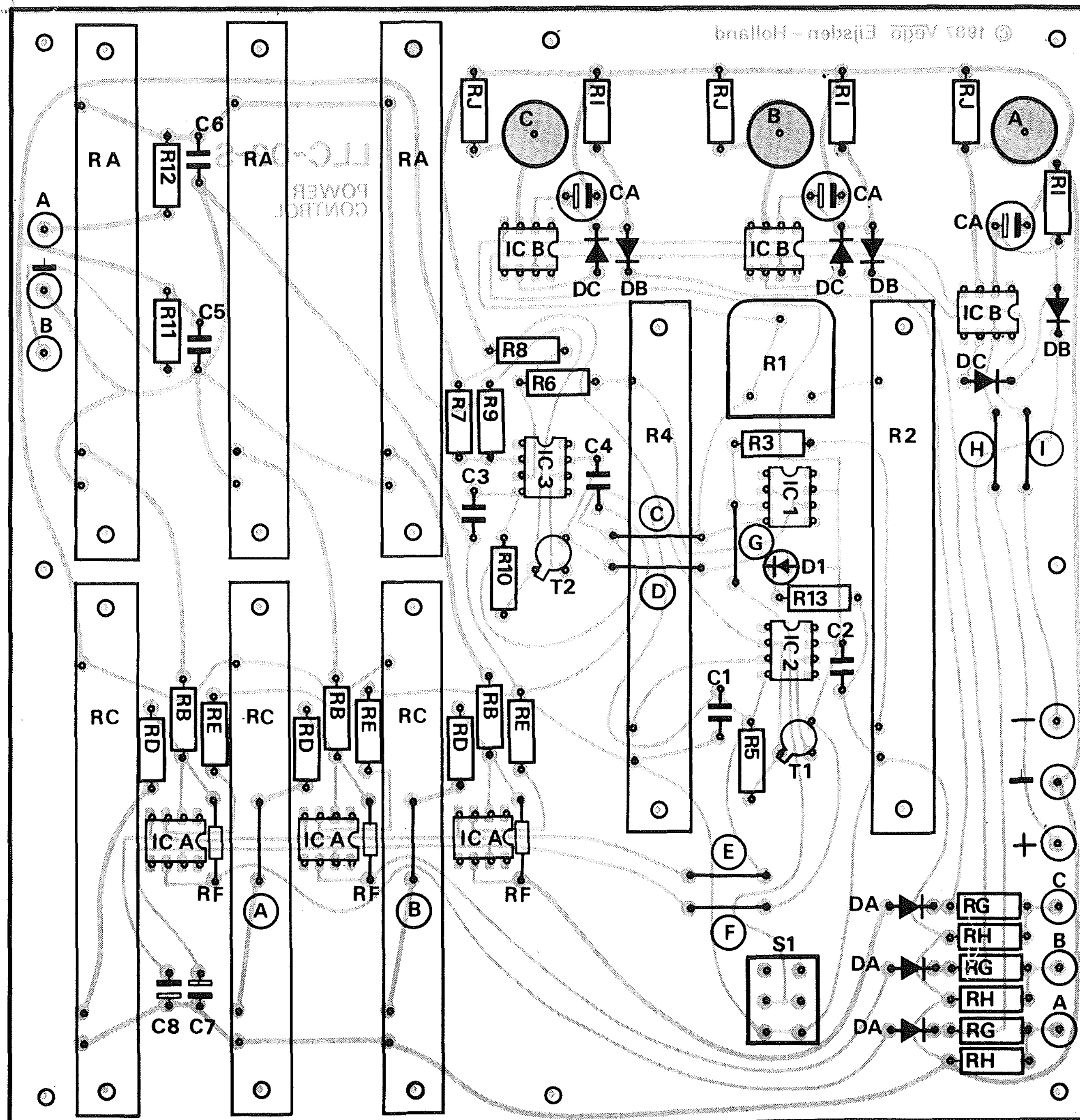


Figuur 4/15.1.4-4: Het volledige schema van het LLC-03-S regelpaneel.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

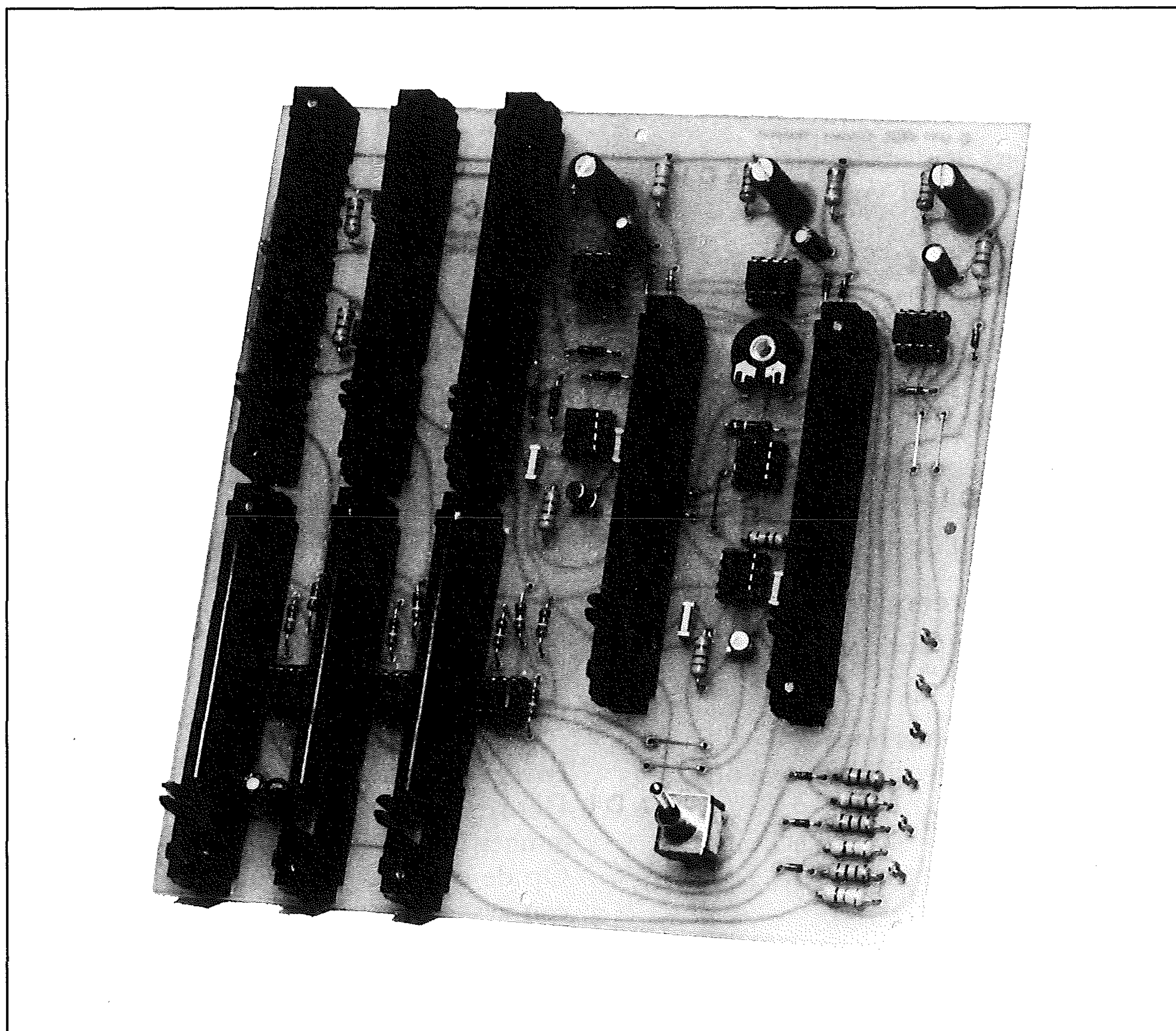


15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.4-6: Componenten-opstelling.

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.4-7: Impressie van de volledig gemonteerde print.

Onderdelenlijst

Opmerking

Alle met letters geïdentificeerde onderdelen komen drie maal voor in de schakeling.

Weerstanden, 1/4 W:

R5,R10,R11,	= 1 kΩ
R12,R13,RG	1 kΩ
R3	= 10 kΩ
RH,RI	= 47 kΩ
RJ	= 5,6 MΩ

1% metaalfilmweerstanden:

R6,R7,R8,R9	= 100 kΩ
RB,RD,RE,RF	= 1 MΩ

Potentiometers en trimmers:

R1	= 25 kΩ, liggend 15x15
R2,R4,RA,RC	= 47 kΩ, schuifpot, mono, lin

Condensatoren:

C1,C2,C3,	= 100 μF, MKH
C4,C5,C6	= 100 μF, MKH
C7,C8,CA	= 10 μF, 25 V elko

Halfgeleiders:

D1	= 5 mm LED, rood
DA,DB,DC	= 1 N 4148
T1,T2	= BC 107

Geïntegreerde schakelingen:

IC1,IC2,IC3,	
ICA,ICB	= 741, mini-dil

Diversen

1 x tuimelschakelaar, 2xOM
3 x 20 mm afstandsbusjes, kunststof
3 x messing M-3x25 boutjes
3 x messing M-3 moertjes
9 x 8-polig IC-voetje
9 x soldeerlipjes
8 x knop voor schuifpotentiometer
diverse montage-onderdelen, afhankelijk van manier van inbouwen.

Afregelen

Het afregelen beperkt zich tot het instellen van de spanning over de master-fader R2. De uitgang moet regelbaar zijn tussen 0 en -10 V. De schakeling bevat slechts een onderdeel dat een spanningsverlies veroorzaakt tussen de spanning op de loper van R2 en de uitgangsspanning: de diode DA. Regel vandaar met trimmer R1 de spanning over R2 af op -10,7 V.

Integreren in het systeem

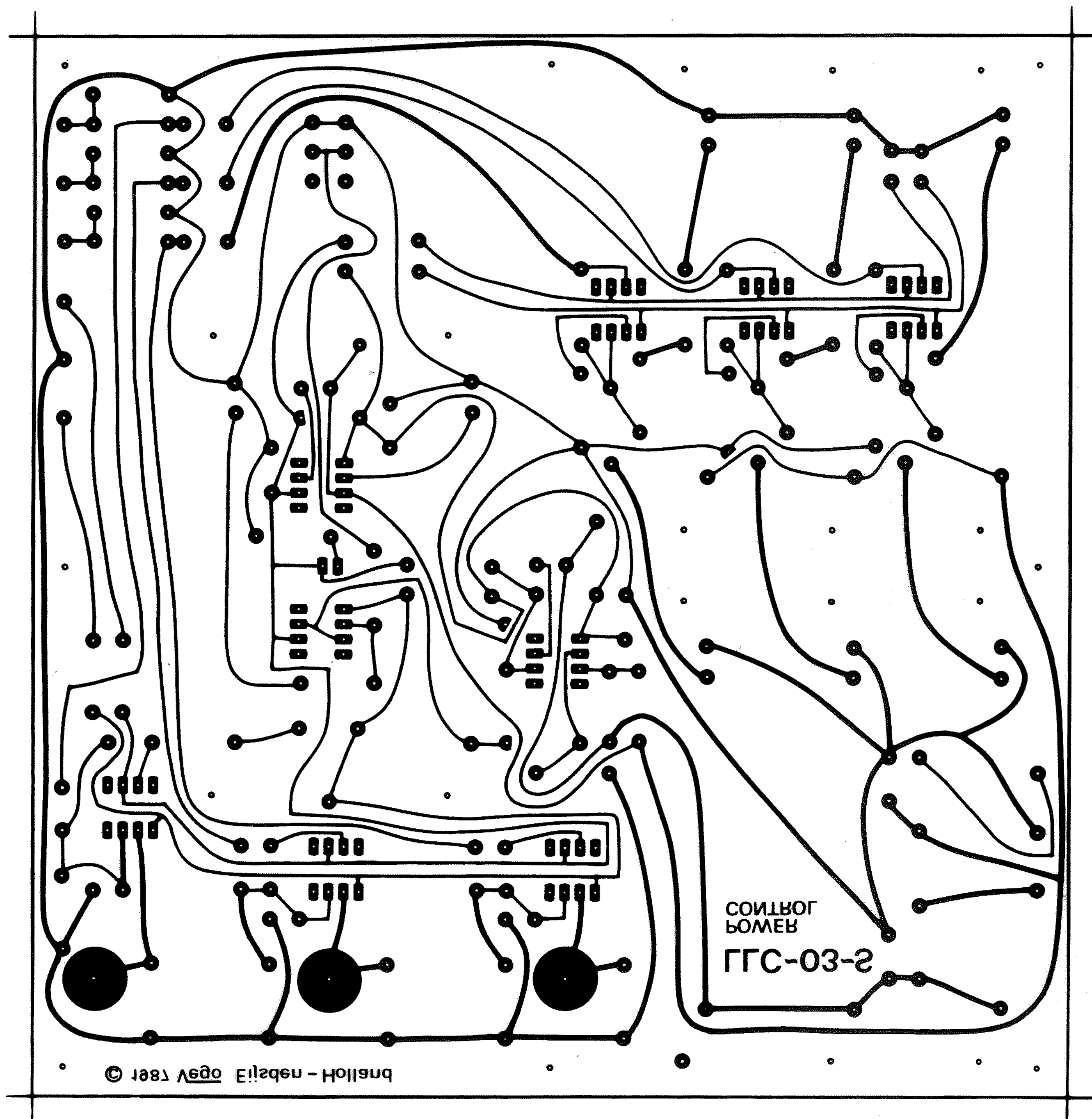
Het regelpaneel LLC-03-S heeft twee uitgangen.
Op de eerste plaats moet het paneel met een zesaderige kabel op de dimmerschakeling aangesloten worden. Er bestaan tal van bruikbare connectoren, de keuze wordt eigenlijk alleen bepaald door de hoeveelheid guldens die men ervoor op tafel wil leggen. Bespaar echter niet op kabels en connectoren! Zij zijn de meest kwetsbare onderdelen van het volledige systeem en niets is vervelender dan dat er midden in een voorstelling een kabel wordt kapotgetrapt of een connector uit een chassisdeel gerukt.
Op de tweede plaats zal men drie verbindingen moeten leggen tussen de hoofd-

15.1 Een professionele belichtings-regeling

print en eén of meerdere expanders van een meerkanaals-systeem: de preset-lijnen A en B en de massa. Men kan dus drieaderige kabel gebruiken en bijvoorbeeld driepolige DIN-stekers en -chassisdelen.

15.1 Een professionele belichtings-regeling

15.1 Een professionele belichtings-regeling



Figuur 4/15.1.4-5: Printontwerp voor de LLC-03-S.

4/15.12

Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

12 V halogeen lampen

Halogeen lampen worden steeds vaker toegepast in huishoudelijke verlichting. Daarbij worden tegenwoordig in de meeste gevallen 12 V lampjes gebruikt, omdat deze veel meer mogelijkheden hebben om zonder gevaren voor de veiligheid verwerkt te worden in "kunstzinnige" armaturen of zelfs hele draadconstructies.
In iedere verlichtingszaak zijn tegenwoordig 12 V veiligheidstransformatoren te koop die, zo beweert de verkoper, speciaal ontwikkeld zijn voor het voeden van deze lampjes. Deze transformatoren zijn echter tamelijk duur, in ieder geval veel duurder dan normale 12 V voedingstransformatoren die iedere elektronica doe-het-zelver maar al te goed kent.
Deze doe-het-zelver zal zich dan ook de vraag stellen of die handige lampjes niet uit een gewone voedingstrafo gevoed kunnen worden.

Het voeden van halogeen lampjes

Het maakt voor 12 V halogeen lampen niets uit hoe de voedingsspanning er uit ziet. Men kan dus zowel met sinusoidale wisselspanning, met gelijkspanning of met pulsvormige spanningen voeden. De enige voorwaarde is dat de ***EFFECTIEVE WAARDE*** van de voedingsspanning gelijk is aan 12 V. Die effectieve waarde is immers de enige maatstaf die iets zegt over de vermogensinhoud van de spanning.
En die vermogensinhoud is vrij kritisch bij 12 V halogeen lampen. Een geringe overbelasting met slechts 10 % reduceert de levensduur van de lamp met een factor vijf!
Kortom, het is noodzakelijk 12 V halogeen lampen met 12 V te voeden en geen tiende van een volt meer!
Dat is een van de voornaamste redenen waarom normale 12 V voedingstransformatoren niet zo geschikt zijn voor het voeden van halogeen lampen.
Iedere trafo heeft uiteraard een bepaalde secundaire inwendige weerstand.
Die weerstand is bij normale voedingstrafo's vrij hoog. De specificaties van een trafo worden echter altijd opgegeven bij volledige belasting. Dat betekent dat een 24 VA voedingstrafo die gespecificeerd wordt als "12 V" deze spanning levert als de secundaire wikkeling met 2 A belast wordt. Wordt echter maar 1 A afgenomen, dan zal de secundaire spanning stijgen tot wel 14 V. Dat lijkt nogal wat, maar toch komt dit overeen met een secundaire inwendige weerstand van slechts 2 Ω! Over 2 Ω valt immers een spanningsval van 2 V/A.
Het zal duidelijk zijn dat dergelijke transformatoren echte "halogeen-killers" zijn. Het voeden van een 12 V lampje met een spanning van 14 V is iets, waar fabrikanten van halogeen lampen heel erg tevreden mee zijn!

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

De dure transformatoren die speciaal voor het voeden van 12 V halogeen lampen op de markt worden gebracht worden op een speciale manier gemaakt, waardoor de secundaire weerstand extreem laag is. Waarden van slechts 0,2 Ω zijn geen uitzondering, waardoor het spanningsverschil tussen nul- en vollast maar enige tienden van een volt bedraagt.

Het dimmen van halogeen lampen
Niet alleen halogeen verlichting is in de mode, maar ook het dimmen der huiselijke verlichting! Iedereen heeft wel een of meerdere goedkope inbouwdimmertjes, waarmee 220 V gloeilampen van maximaal 60 W gedimd kunnen worden. Sluit men een dergelijke dimmer echter aan op een halogeen-trafo, dan zal men tien tegen een vaststellen dat het dimmen van de 12 V lampjes niet vlekkeloos verloopt. Dat heeft te maken met de speciale eigenschappen van de voedingstrafo en de eenvoudige schakeling van de meeste inbouwdimmers. Vele dimmers gaan "happen", waardoor het regelbereik aan de lage kant niet vloeiend verloopt, maar met schokken.
Uiteraard zijn er speciale dimmers in de handel, die aangesloten kunnen worden op een halogeen trafo. Maar even vanzelfsprekend zijn deze schakelingetjes veel en veel duurder dan de standaard inbouwdimmers.

Een tweede mogelijkheid is het ontwerpen van een dimmer die secundair werkt, die dus de 12 V spanning rechtstreeks gaat dimmen. In principe is dat tamelijk eenvoudig en goedkoop te realiseren, maar een dergelijke schakeling heeft toch één groot nadeel.
Over de triac die noodzakelijkerwijs in serie met de halogeen lamp wordt opgenomen, blijft steeds een spanning van minimaal 1,0 V staan. Voor 220 V dimmers is deze spanningsval natuurlijk volstrekt verwaarloosbaar. Voor 12 V systemen is dat niet het geval en een 12 V dimmer zal dus een 12 V halogeen lamp nooit ofte nimmer tot maximale intensiteit kunnen sturen!

Een elektronisch alternatief
Het volgens de regels van de kunst voeden en dimmen van 12 V halogeen lampjes is dus een dure grap:
- men heeft een dure speciale trafo nodig;
- men heeft een dure speciale dimmer nodig.

In dat soort gevallen is het uiteraard voor iedere rechtschapen elektronica doe-het-zelver een erezaak om zélf een volledig elektronisch werkend goedkoper alternatief te verzinnen. In dit hoofdstuk wordt een "elektronische trafo" beschreven, die een uitstekend gestabiliseerde spanning aflevert met een effectieve waarde van iets minder dan 12 V. De inwendige weerstand van de schakeling is zeer laag, namelijk ongeveer 0,1 Ω, waardoor het spanningsverschil tussen nul- en vollast minimaal is.
De schakeling heeft een maximale capaciteit van 60 W, zodat men er drie 20 W lampjes op kan aansluiten.
Een tweede groot voordeel van de schakeling is dat het ontwerp is geoptimaliseerd voor het aansturen door een traditionele gloeilamp-dimmer. Men hoeft dus niet langer gebruik te maken van de speciale halogeen-dimmers, maar kan de bestaande gloeilamp-dimmers in de muur laten zitten!

Eerlijkheidshalve moet gezegd worden dat de schakeling ook enige constructieve

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

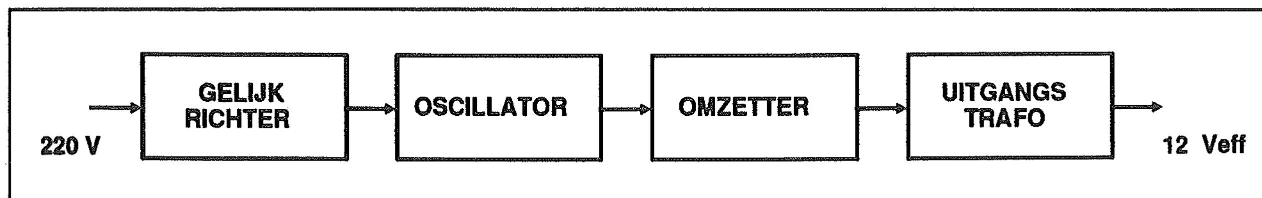
nadelen heeft. De schakeling werkt volgens het "hoogfrequent omzetter principe" en iedereen die iets afweet van de techniek achter deze kreet weet nu al dat er dus speciale ferriet-trafo's gebruikt worden. Deze zijn niet als standaard onderdeel in de handel, maar zijn speciaal voor deze schakeling ontworpen en gefabriceerd. Maar geen nood, de ontwerpers van de schakeling zijn er mee akkoord gegaan dat deze trafo's door de lezers van "Hobby Elektronica" besteld kunnen worden! Zie de speciale bestel-informatie op het einde van het hoofdstuk. Dank zij deze extra service is het nabouwen van de schakeling voor iedereen weggelegd. Want heeft men eenmaal die twee vervelende trafo's en twee ontstoorspoelen in handen, dan is het nabouwen van de schakeling een fluitje van een cent!
Uniek daarbij is, dat de schakeling geen enkel afregelpunt heeft en na een zorgvuldige montage zonder enig probleem werkt. Men heeft dus zelfs geen meetinstrument nodig!

Technische specificaties
De technische specificaties van het ontwerp kunnen als volgt worden samengevat:
- ingangsspanning:
  220 tot 240 V wisselspanning, sinus
- uitgangsspanning nullast:
  12 $V_{effectief}$, pulsspanning
- uitgangsspanning, belast:
  met 1 x 20 W: 11,8 V_{eff}
  met 2 x 20 W: 11,7 V_{eff}
  met 3 x 20 W: 11,5 V_{eff}
- uitgangsvermogen:
  60 W maximaal
- omzetter frequentie:
  ongeveer 45 kHz
- rendement:
  groter dan 90 %
- inwendige weerstand:
  0,1 Ω typisch
- kortsluitbeveiliging:
  trage zekeringen in de in- en uitgangen
- galvanische scheiding van netspanning:
  optimaal door middel van speciale trafo

Het blokschema van de schakeling
Het blokschema van de schakeling is getekend in figuur 4/15.12-1.

Zoals bij schakelingen die werken volgens het "hoogfrequent omzetter principe" gebruikelijk is, wordt de 220 V van het net eerst gelijkgericht. Na de gelijkrichter staat echter géén afvlakking, zodat de gelijkrichter geen mooie gelijkspanning levert, maar een pulserende spanning, samengesteld uit 100 positieve halve sinussen per seconde.
Met deze spanning wordt een hoogfrequent oscillator gestuurd. Gedurende iedere halve periode van de gelijkgerichte netspanning zal deze oscillator een aantal perioden genereren met een frequentie van ongeveer 45 Hz. Deze pulsen sturen de eigenlijke omzetter, waardoor de hoge pulserende gelijkspanning wordt omgezet in smalle HF pulsen. Deze pulsen sturen de primaire wikkeling van een speciale uitgangstransformator. Deze is gewikkeld op een ferrietkern en heeft dus een zeer hoog rendement. Dat wil zeggen dat voor het opwekken van de 60 W die de schakeling levert een zeer klein trafootje gebruikt kan worden. De secundaire wikkeling levert een pulsvormige spanning af en de wikkelverhouding is zo berekend dat de effectieve waarde van de secundaire pulstrein gelijk is aan 12 V. Dat wil niet zeggen dat de amplitude van de pulsen deze waarde heeft!

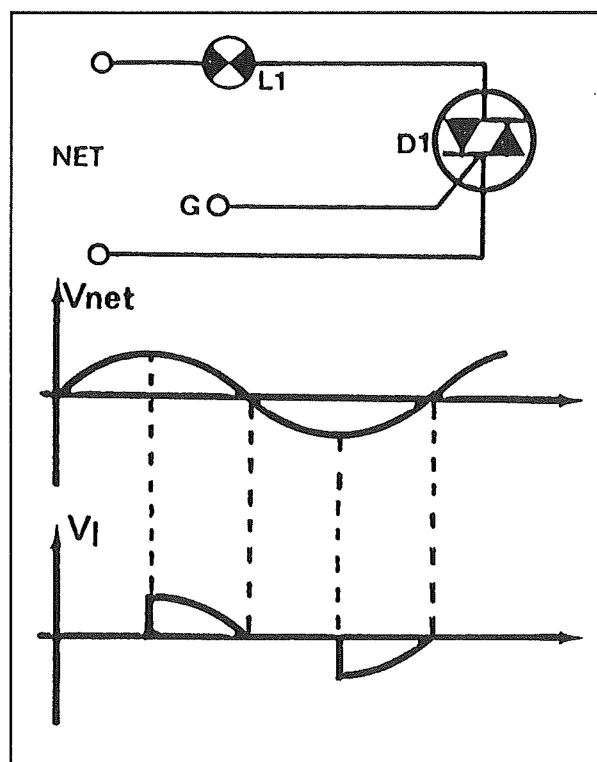
15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.12-1: Het blokschema van de 12 V halogeen voeding.

De pulsen zijn veel groter dan 12 V. Maar de vermogensinhoud van de pulsen komt overeen met deze die een mooie sinusoidale wisselspanning van 12 $V_{effectief}$ ook heeft. Voor de halogeen lampjes maakt dat allemaal geen verschil uit. Het komt er immers alleen op aan hoeveel vermogen in de gloeidraad van de lamp wordt gepompt. Als dat 20 W is, dan is de lamp tevreden en of die 20 W nu tot stand komt door gelijkspanning, sinusspanning of, zoals in dit geval, hoogfrequente pulsen, maakt helemaal niets uit. Zoals reeds gezegd is de schakeling geoptimaliseerd voor sturing vanuit een gewone dimmer. Dat komt doordat de oscillator gestuurd wordt uit de niet afgevlakte pulsen van de gelijkrichter. De oscillator gaat maar eerst werken als deze pulsen een bepaalde spanningswaarde overschrijden. Zonder dimmer gebeurt dat een fractie van een seconde na de nuldoorgang van de netspanning. De oscillator is dus vrijwel steeds actief en de schakeling is zo ontworpen dat de effectieve uitgangsspanning onder deze condities gelijk is aan 12 V. Sluit men de schakeling echter aan op een dimmer, dan zal de dimmer er voor zorgen dat de perioden van de wisselspanning enige tijd onderdrukt worden. Dat is immers het principe van de "fase-aansnij besturing" van een dimmer, principe dat in figuur 4/15.12-2 in het kort wordt samengevat. Het zal duidelijk zijn dat de oscillator nu veel later in de periode start, met als gevolg dat de schakeling ook veel later in de periode secundaire pulsen aan de 12 V halogeen lampen levert. Het effectieve vermogen wordt dus veel kleiner en de intensiteit van de lamp daalt.

Deze combinatie van schakeling plus lichtdimmer werkt uitstekend en is in de praktijk met enige commerciële goedkope inbouwdimmers getest.

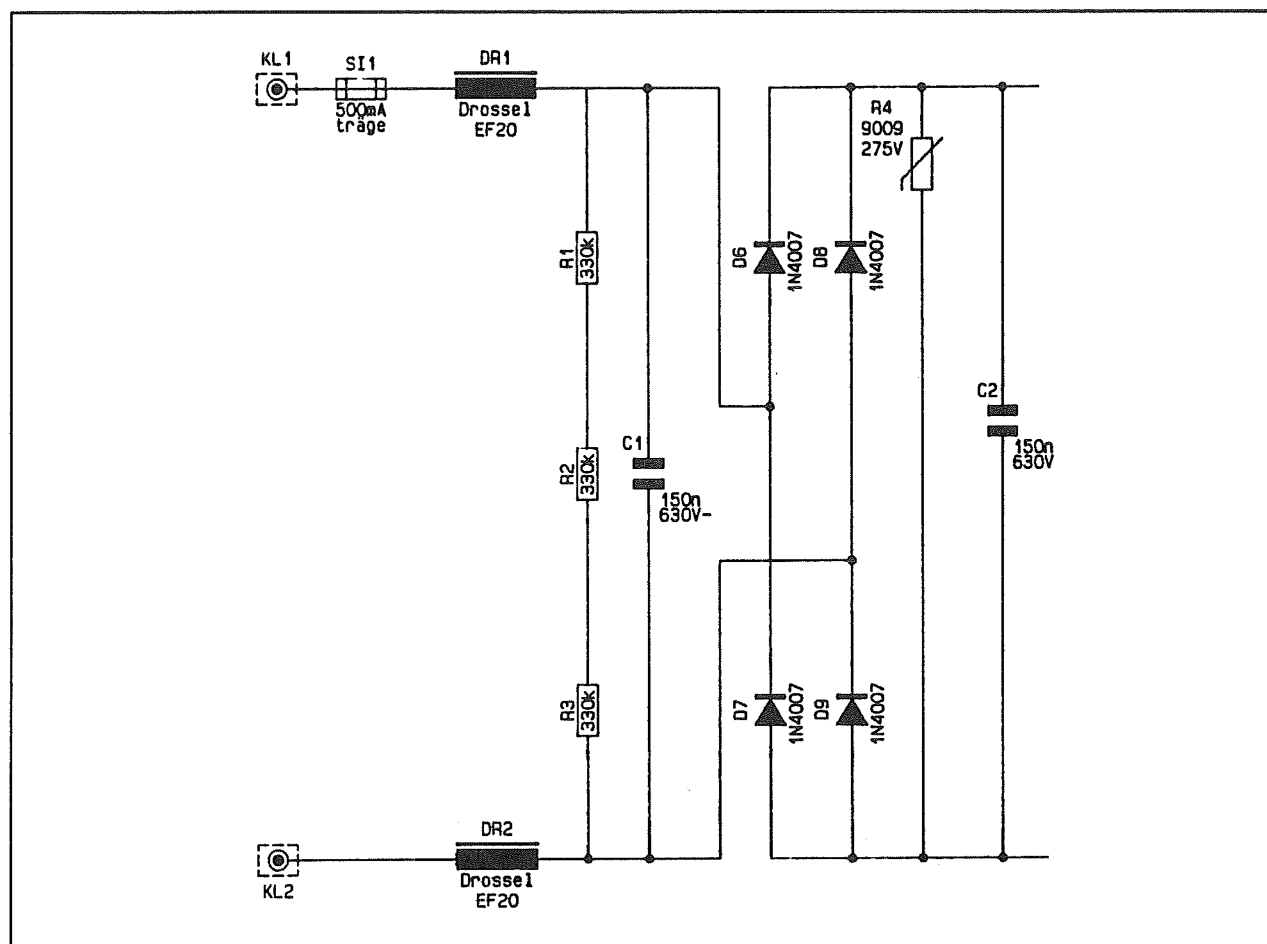


Figuur 4/15.12-2: Het principe van de fase-aansnij besturing van een normale dimmer.

Het praktische schema van de gelijkrichter

Het praktische schema van het eerste deel van de schakeling, de gelijkrichter, is getekend in figuur 4/15.12-3.

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

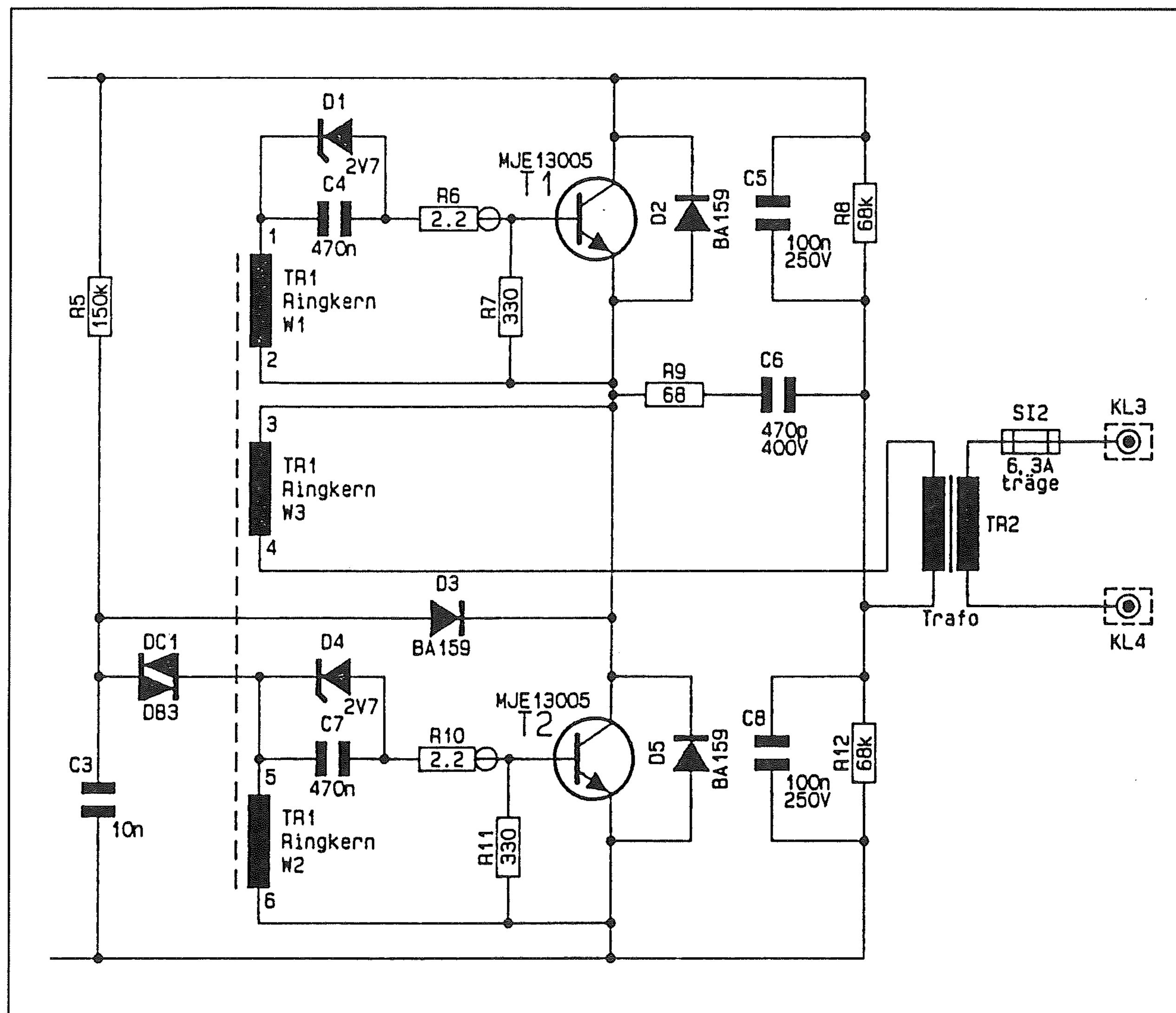


Figuur 4/15.12-3: Het schema van de gelijkrichter, die de 220 V van het net omzet in een positieve pulstrein.

De 220 V van het net wordt via een zekering SI1 van 500 mA en twee onstoorspoeltjes DR1 en DR2 aangeboden aan de bruggelijkrichter. Deze is, op de bekende manier, samengesteld uit vier dioden D5, D7, D8 en D9. Het is absoluut noodzakelijk hiervoor dioden van het type 1N4007 te gebruiken! In de meeste voedingen gebruikt de doe-het-zelver 1N4004 exemplaren. Deze zijn echter niet bestand tegen de hoge spanningen (350 V) die in deze schakeling optreden.

Beide zijden van de bruggelijkrichter worden afgesloten met condensatoren van 150 nF. Uiteraard moet men voor deze onderdelen speciale typen toepassen, die bestand zijn tegen de hoge spanningen. De doorslagspanning van de condensatoren moet gelijk zijn aan 630V en geen volt minder! Deze condensatoren zijn noodzakelijk om de schakeling te beschermen tegen stoorpulsen, die via de netspanning zouden kunnen binnendringen en korte, maar schadelijke hoge spanningspieken op de uitgang zouden kunnen zetten. Deze condensatoren zijn dus echt noodzakelijk in de schakeling. Aan de primaire kant van de gelijkrichter werkt C1 uiteraard samen met de twee ontstoorspoeltjes DR1 en DR2. Deze drie onderdelen vormen een zeer goed werkend laagdoorlaat filtertje, dat alle signalen met een frequentie in het kHz-bereik en hoger effectief onderdrukt.

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.12-4: Het praktische schema van de omvormer en de eindtrap.

De condensator C1 wordt opgeladen tot de top-waarde van de netspanning. Ook nadat men de schakeling heeft losgekoppeld van het net, blijft deze spanning van 350 V over de condensator staan. Raakt men op dat moment de pennen van de netsteker aan, dan kan men een behoorlijk grote schok krijgen. Om dat gevaar te vermijden zijn over de condensator drie weerstanden in serie geschakeld. Deze zorgen ervoor dat de condensator onmiddellijk wordt ontladen als de schakeling wordt losgekoppeld van het net.

Het is noodzakelijk drie weerstanden van 330 kΩ in serie op te nemen. Deze drie onderdelen mogen niet vervangen worden door één weerstand van 1 MΩ. Weerstanden met een vermogen van 1/4 W, zoals in deze schakeling gebruikt, zijn namelijk niet bestand tegen een spanning van 350 V en kunnen doorslaan.
Aan de secundaire kant wordt de gelijkrichter nog eens extra beveiligd door een varistor R4. Dat is een spanningsafhankelijke weerstand. Als de secundaire spanning kleiner is dan 275 V zal dit onderdeel

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

een hoge weerstand hebben. Komt er echter een stoorpuls binnen die groter is dan deze waarde, dan zal de weerstand van de varistor opeens zeer klein worden, waardoor de stoorpuls zo zwaar wordt belast dat de spanningswaarde ervan in elkaar stort.

De praktische schakeling van de omvormer en de eindtrap

De praktische vertaling van de laatste drie trappen van het blokschema is getekend in figuur 4/15.12-4.

De oscillator en omvormer zijn gecombineerd tot één praktische schakeling met als basis de transistoren T1 en T2 en de trafo TR1.
De schakeling is aangesloten op de uitgangsspanning van de gelijkrichter. Tussen de bovenste en de onderste horizontale lijnen staan dus per seconde 100 halve sinussen.
Als deze voedingsspanning van de schakeling nul is zullen beide transistoren uiteraard sperren. Als, even later, de voedingsspanning stijgt zal er nog niets gebeuren. De condensator C3 wordt echter uit deze stijgende positieve spanning opgeladen via de weerstand R5. Na enige tijd is de condensator opgeladen tot de doorslagspanning van de diac DC1. Op dat moment wordt de inwendige weerstand van dit onderdeel zeer laag en gaat de condensator C3 ontladen door de wikkeling W2 van de trafo TR1. De korte, maar forse stroompuls die door de wikkeling vloeit wekt in de ringkern van de trafo een magnetisch veld op, waardoor ook de twee overige wikkelingen onder spanning komen te staan.
Over de wikkelingen W2 en W1 zijn de basis-emitter overgangen van de twee transistoren geschakeld. De wikkelrichting van beide spoelen is nu zo gekozen, dat of de ene of de andere transistor in verzadiging wordt gestuurd. De geleidende transistor wekt in de wikkeling van de andere transistor een tegenspanning op, waardoor deze naar sper gaat. Daardoor valt de stroom door een van de spoelen weg en wordt een tegenspanning gegenereerd. Deze wekt een invers magnetisch veld op, waardoor de transistor die in sper werd gestuurd gaat geleiden en de geleidende transistor gaat sperren. Dan herhaalt het proces zich weer. Door deze wisselwerking tussen beide transistoren ontstaan de oscillaties. De frequentie wordt bepaald door de eigenschappen van de ringkern van de trafo en door de waarde van de condensatoren C4 en C7. Met de gekozen onderdelen werkt de schakeling op een frequentie van ongeveer 45 kHz.
Het verbindingspunt tussen de emitter van T1 en de collector van T2 vormt de uitgang van de oscillator. Dit punt wordt in een ritme van 45.000 keer per seconden ofwel met de bovenste ofwel met de onderste voedingslijn verbonden. Dit punt is ook aangesloten op de derde wikkeling van de trafo. De andere aansluiting van deze wikkeling gaat naar de uitgangstrafo TR2 en via deze trafo naar een punt dat door middel van de spanningsdeler R8/R12 op precies de helft van de voedingsspanning wordt gefixeerd. Beide weerstanden zijn overbrugd door vrij grote condensatoren van 100 nF. Het gevolg is dat de pulsvormige stroom, die in deze kring vloeit, maar weinig weerstand ondervindt. De uitgangsstroom van de omvormer is dus vrij groot en deze stroom wekt in de kern van de uitgangstrafo TR2 een vrij krachtig magnetisch hoogfrequent veld op. Dit veld zorgt voor de secundaire spanning, die door de juiste di-

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

mensionering van de schakeling een effectieve waarde heeft van 12 V.

De schakeling blijft oscilleren totdat de voedingsspanning weer door de nul gaat. Nadien moet de condensator C3 weer opladen tot de ontsteekspanning van de diac DC1 om een nieuwe cyclus op gang te brengen.
Een en ander heeft tot gevolg dat de schakeling uitstekend kan samenwerken met fase-aansnij gestuurde dimmers. Uit figuur 4/15.12-2 blijkt immers zonneklaar dat zo'n dimmer het ontsteekmoment van de schakeling in de periode verlegd. Doordat de dimmer een deel van de perioden spert zal de schakeling met oscilleren starten op het moment dat de dimmer de netspanning wél doorschakelt naar de gelijkrichter. Op deze manier kan het door de schakeling geleverde effectieve vermogen heel soepel over het gehele regelgebied van de dimmer gevarieerd worden.

Nog enige opmerkingen over de schakeling.

- Diode D3:
  Deze zorgt ervoor dat de condensator C3 onmiddellijk na het starten van de oscillator volledig ontladen wordt. Bij de volgende periode zal de condensator dus weer vanuit de positie "0 V" beginnen met opladen.
- Dioden D4 en D1:
  Deze dragen bij aan het begrenzen van de spanning die aan de basis van de transistoren wordt aangeboden.
- Weerstanden R6 en R10:
  Deze zijn voorzien van kleine ferrietkraaltjes (de cirkeltjes in het schema) die noodzakelijk zijn om te verhinderen dat de oscillator hoogfrequente energie in de ruimte slingert. Deze energie zou apparatuur die op ongeveer dezelfde frequentie werkt (inbraakalarm, etc) behoorlijk kunnen storen.
- Weerstand R9 en condensator C6:
  Deze twee onderdelen staan geschakeld over de in serie geschakelde wikkelingen W3 en TR2. Zij zorgen voor het onderdrukken van grote tegenspanningen die in de wikkelingen ontstaan bij het wegvallen van de stroom en dragen bij aan de ontstoring van het geheel.
- Dioden D2 en D5:
  Deze beschermen de collector-emitter overgangen van de transistoren tegen hoge tegenspanningen die in de wikkelingen W1 en W2 ontstaan als de stroom door de wikkelingen wegvalt. Zonder deze dioden overleven de transistoren het niet lang!

Belangrijke opmerking!
Tot en met de primaire wikkeling van de uitgangstrafo TR2 zijn alle onderdelen van deze schakelingen via zeer lage impedanties rechtstreeks verbonden met een van de aansluitingen van de netspanning. Het is dus levensgevaarlijk aan de schakeling te werken of zelfs er in te meten als deze in werking is! Bij het experimenteren moet men steeds gebruik maken van een scheidingstrafo tussen het net en de ingang van de schakeling!
De 12 $V_{effectief}$ voor de halogeen lampen is uiteraard door de uitgangstrafo TR2 wél volledig gescheiden van het net en is dus in wezen even ongevaarlijk als de mooie sinusvormige uitgangsspanning van de speciale voedingstransformatoren.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W:
R1,R2,R3 = 330 kΩ

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

R5	=	150	kΩ	
R6,R10	=	2,2	Ω	
R7,R11	=	330	Ω	
R8,R12	=	68	kΩ	
R9	=	68	Ω	

Varistor:

R4	=	9009/275V

Condensatoren:

C1,C2	=	150	nF	630 V
C3	=	10	nF	MKH
C4,C7	=	470	nF	MKH
C5,C8	=	100	nF	250 V
C6	=	470	pF	400 V

Denkt aan de opgegeven doorslagspanningen!

Halfgeleiders:

D1,D4	=	ZDP2.7
D2,D3,D5	=	BA159
D6,D7,D8,D9	=	1N4007
DC1	=	DB3 diac
T1,T2	=	MJE13005

Diversen:

TR1	=	ringkerntrafo, speciaal
TR2	=	ferriettrafo, speciaal
DR1,DR2	=	ontstoorspoel EF20

2 x ferrietkraaltjes
2 x printzekeringhouder
1 x 500 mA zekering traag
1 x 6,3 A zekering, traag
2 x printkroonsteentje, 2-polig

De bouw van de schakeling

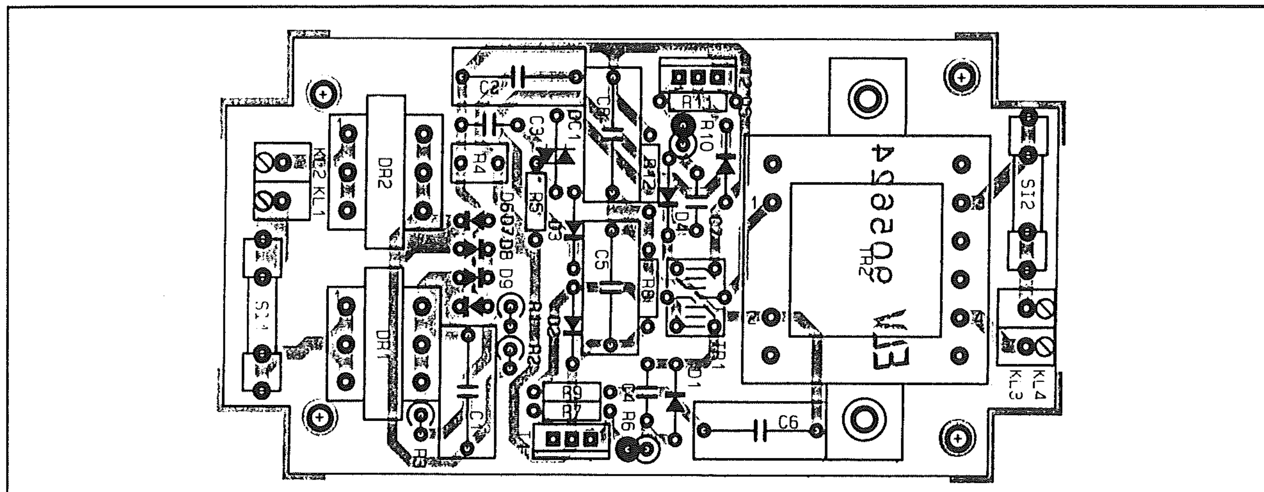
De volledige schakeling van de halogeen voeding past op het printje dat op de transparante pagina is voorgesteld als figuur 4/15.12-5.
De componentenopstelling is getekend in figuur 4/15.12-6.

De schakeling bevat, zoals reeds gezegd, vier onderdelen die niet standaard zijn en alleen via de ontwerpers van de schakeling, ELV-Lab, te verkrijgen zijn. Dat zijn:
- de twee ontstoorspoelen DR1 en DR2;
- de ringkerntrafo TR1;
- de ferriettrafo TR2.

De ringkerntrafo TR1 wordt vanuit de fabriek geleverd met de twee wikkelingen W1 en W2.
De derde wikkeling W3 moet men dus nog zélf aanbrengen. Dat is overigens geen moeilijke klus, want deze wikkeling bestaat uit slechts 2 windingen die aangebracht moeten worden met goed geïsoleerde wikkeldraad met een diameter van 0,5 mm.
Deze twee windingen worden aangebracht over de windingen van W1 en in tegengestelde wikkelzin.

Het monteren van de print is niet problematisch, maar aan onderstaande onderdelen moet enige extra aandacht worden besteed.
- T1 en T2:
  Deze twee transistoren worden loodrecht op de print aangebracht, waarbij het niet noodzakelijk is extra koelmateriaal aan te brengen. Omdat iedere paracitaire capaciteit en inductiviteit een rol speelt bij de werking van de oscillator moet men er op letten dat de twee transistoren precies 5 mm boven het oppervlak van de print gemonteerd worden.
- DR1 en DR2:
  Deze spoelen hebben 2 x 3 aansluitingen en kunnen op een willekeurige manier op de print aangebracht worden.
- TR2:
  Bij deze trafo ontbreken aan de primaire zijde twee pennetjes, zodat de kant met slechts vier pootjes naar TR1 moet wijzen.

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.12-6: De componentenopstelling van de halogeen voeding.

Voor extra stevigheid wordt aanbevolen nadien de trafo met twee moertjes en boutjes op de print vast te schroeven.

- R6:
  Deze weerstand wordt rechtop staand op de print gemonteerd door een van de aansluitdraadjes 180 graden te buigen en het langs het weerstandlichaam weer naar de andere kant te voeren. Het ferrietkraaltje wordt over deze lange aansluitdraad geschoven. Deze lange aansluitdraad *MOET* in het gaatje naast T1 gesoldeerd worden.
- R10:
  Deze weerstand wordt rechtop staand op de print gemonteerd door een van de aansluitdraadjes 180 graden te buigen en het langs het weerstandlichaam weer naar de andere kant te voeren. Het ferrietkraaltje wordt over deze lange aansluitdraad geschoven. Deze aansluitdraad *MOET* in het gaatje naast R11 gesoldeerd worden.
- TR1:
  De wikkelingen W1 en W2 worden aangesloten op de printgaatjes aan de kanten van de dioden D1 en D4. De extra gewikkelde wikkeling W3 moet dan verbonden worden met de twee middelste gaatjes die iets verder uit elkaar staan dan de vier overige printgaatjes voor dit onderdeel.

De eindmontage
De print *MOET* in een kunststof kastje ondergebracht worden. Dit uiteraard vanwege het feit dat de volledige print (op de twee uitgangsklemmen na) rechtstreeks met het net verbonden is. De in- en uitvoerleidingen moeten via kleine gaatjes naar buiten gebracht worden, waarbij knoopjes voor de noodzakelijke trekontlasting kunnen zorgen.

Opmerking
Bij het voeden van de schakeling via een dimmer kan het gebeuren dat de schakeling een irritant zoemend geluid produceert.
Dat wordt hoofdzakelijk veroorzaakt door de trafo's en ontstoorspoelen, die gaan vibreren. Dat geluid kan gereduceerd worden door alle spoelen en trafo's met tweecomponenten hars muurvast op de print te verzegelen. Een andere optie is de gehele schakeling in te gieten in kunsthars.

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

Bouwpakket informatie

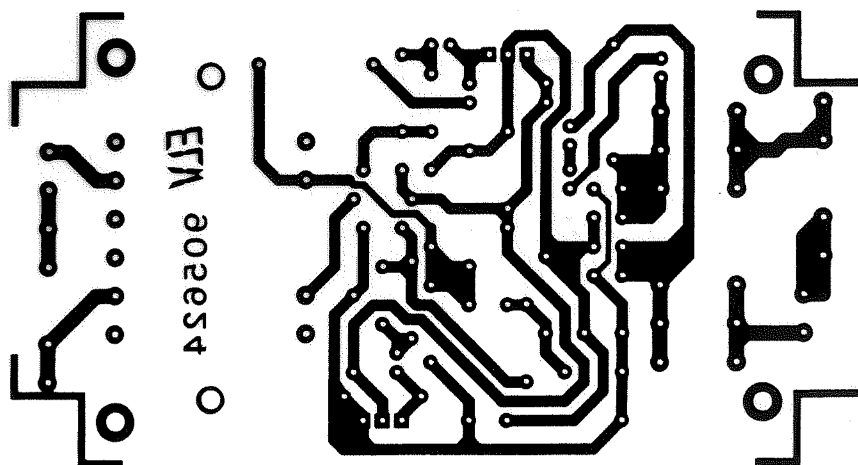
Als extra service aan de nabouwers van deze schakeling kan nog vermeld worden dat deze dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print en de speciale onderdelen, wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal.

Bij hetzelfde adres kan men ook terecht voor de bestelling van de spoelen en trafo's.

Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen.

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen

15.12 Dimbare voeding voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.12-5: De print van de schakeling.

4/15.13

Stroboscoop met LF-besturing

Inleiding

Stroboscopen, apparaten die korte snel herhaalde lichtflitsen produceren, zijn uit iedere discotheek bekend. Kant en klare apparaten zijn te kust en te keur te koop en de vraag kan dan ook gesteld worden waarom men een dergelijk apparaat zelf zou bouwen. Welnu, het antwoord op die vraag is snel gegeven. De in dit hoofdstuk beschreven stroboscoop kan niet alleen lichtflitsen met een vaste, instelbare frequentie afgeven, maar ook flitsen op de grootte van een extern signaal. Het zal duidelijk zijn dat hiervoor het uitgangssignaal van een laagfrequent versterker het aangewezen besturingssignaal is.

Zeer belangrijke opmerkingen

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling wordt volledig direct uit het net gevoed. Dat wil zeggen dat in principe ***alle punten van de schakeling op de netspanning kunnen staan***! Bij het experimenteren met de schakeling is dus de allerhoogste voorzichtigheid in acht te nemen!

Een tweede belangrijke opmerking. Een flits in een flitsbuis ontstaat doordat een tot ongeveer 350 V opgeladen elco opeens ontlaadt via de flitsbuis.

Ook nadat men het apparaat heeft losgekoppeld van het net kan over de flitscondensator een ***levensgevaarlijke grote gelijkspanning*** staan. Alvorens men in de van het net gescheiden schakeling gaat experimenteren moet men dus de flitselco ontladen door een weerstand van 1 kΩ even tussen de aansluitpennen van de elco te schakelen.

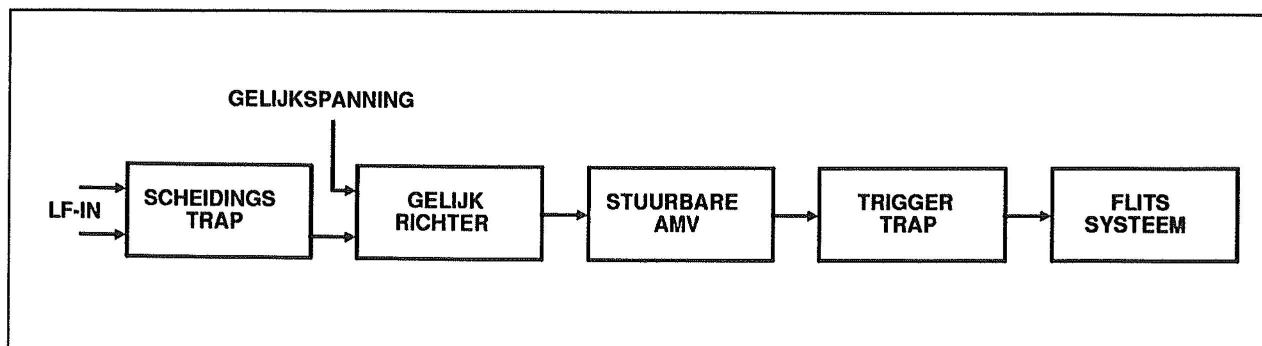
Het blokschema

Het blokschema van het apparaat is getekend in figuur 4/15.13-1.

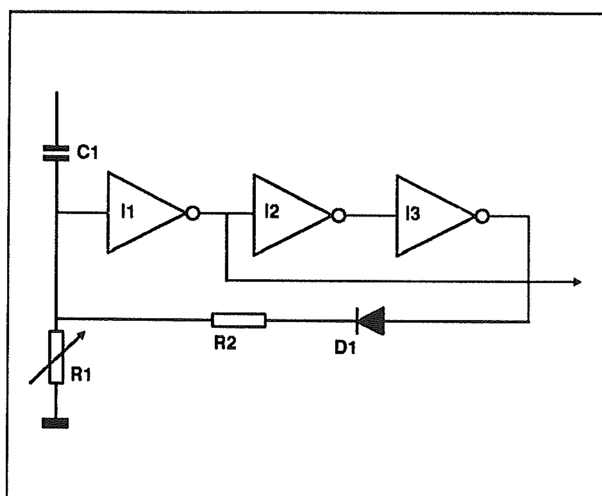
Het laagfrequent signaal wordt via een scheidingstrap aan de schakeling aangeboden. Deze scheidingstrap, onder de vorm van een scheidingstrafootje, is elementair voor de schakeling en mag onder geen enkele voorwaarde verwijderd worden. Zonder deze scheidingstrafo is namelijk niet alleen de stroboscoopschakeling rechtstreeks met de netspanning verbonden, maar ook de apparatuur die men er op aansluit. Hetgeen betekent dat men een flinke schok zou kunnen krijgen als men bijvoorbeeld de volumeknop van de versterker beet pakt. Het zal dus duidelijk zijn dat het van het allergrootste belang is een kwalitatief hoogwaardige scheidingstrafo te gebruiken. De kleine "lichtorgeltrafootjes" die voor een paar gulden te koop zijn, hebben niet de noodzakelijke scheiding tussen primaire en secundaire wikkeling om de schakeling absoluut veilig te maken.

De secundaire wikkeling van de scheidingstrafo wordt aangesloten op een gelijkrichter.

15.13 Stroboscoop met LF-besturing



Figuur 4/15.13-1: Het blokschema van de stroboscoop.



Figuur 4/15.13-2: Het schema van de stuurbare astabiele multivibrator.

Deze zet de signaalspanning om in een positieve gelijkspanning, waarvan de grootte recht evenredig is met de amplitude van het laagfrequent signaal.
Met deze gelijkspanning wordt een stuurbare AMV, een astabiele multivibrator, aangestuurd. Dat kan trouwens ook met een instelbare gelijkspanning, die uit de voeding wordt betrokken. Op deze manier kan men dus met een enkelvoudig omschakelaartje kiezen of men flitsen met een constante frequentie wil of flitsen waarvan de frequentie bepaald wordt door de herrie die uit de luidspreker komt.
De uitgangspuls van de AMV gaat naar de triggertrap. Deze triggertrap zorgt voor de ontsteekpulsjes voor de flitsbuis. Het blokje "flitsbuis" bestaat uiteraard uit de flitsbuis zelf en uit de schakelingen die de flitscondensator opladen tot de flitsspanning.

De werking van de stuurbare AMV
Deze schakeling is op een nogal ongebruikelijke manier vorm gegeven, vandaar dat deze even aan de hand van een afzonderlijk figuurtje wordt besproken. Het schema van de astabiele multivibrator is getekend in figuur 4/15.13-2.

De stuurbare astabiele multivibrator is opgebouwd rond drie inverterende poorten met Schmitt-trigger werking, de condensator C1 en de regelbare weerstand R1. De waarde van die weerstand wordt, zo zal uit het praktische schema blijken, bepaald door de stuurspanning op de ingang van de stroboscoop. De schakeling werkt als volgt. Bij het inschakelen van de voedingsspanning wordt de condensator C1 opeens opgeladen tot een voedingsspanning van 5,6 V. De hoge spanning op de ingang van de eerste poort wordt drie maal geïnverteerd, zodat de uitgang van de derde poort laag is. Ook de uitgang van de eerste poort is "L", zodat er geen spanning op de uitgangslijn staat. De lading op de condensator gaat echter langzaam afvloeien via de weerstand R1. De snelheid

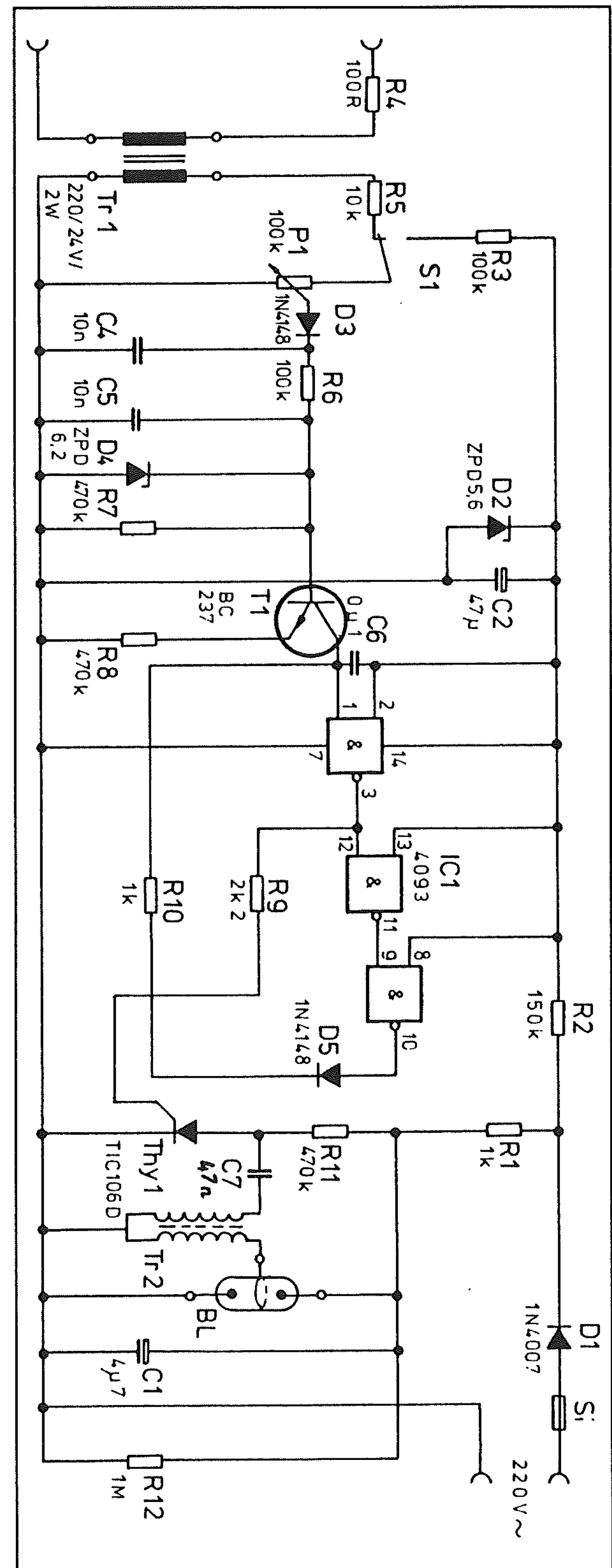
15.13 Stroboscoop met LF-besturing

van de ontlading is uiteraard afhankelijk van de waarde van de weerstand en dus van de ingangsspanning van de stroboscoop. Na enige tijd zakt de condensatorspanning onder de Schmitt-trigger drempel van de eerste poort. Dit signaal wordt door de poort als "L" geïnterpreteerd, zodat zowel de uitgang van de eerste poort als de uitgang van de laatste poort "H" worden. Het gevolg is dat de diode D1 gaat geleiden en dat de condensator C1 via de kleine weerstand R2 weer wordt opgeladen. De schakeling gaat terug naar de uitgangspositie. Op de uitgang van de eerste poort ontstaat dus een smalle positieve puls. Het aantal van deze pulsen per seconde is afhankelijk van de snelheid waarmee de condensator C1 ontlaadt en dus afhankelijk van de waarde van de weerstand R1.

Het volledige schema

Het volledige schema van de stroboscoop is getekend in figuur 4/15.13-3.

De laagfrequent stuurspanning gaat via een weerstand van 100 Ω naar de primaire wikkeling van de scheidingstrafo Tr1. Hiervoor wordt een kleine voedingstrafo gebruikt met een secundaire spanning van 24 V. Als primaire wikkeling wordt de 24 V wikkeling van de trafo gebruikt. De stuurspanning wordt dus door de scheidingstrafo flink opgetrokken, hetgeen tot gevolg heeft dat de stroboscoop zeer gevoelig is. De secundaire spanning, afgetakt van de 220 V wikkeling, gaat naar een contact van de schakelaar S1. Aan het tweede contact wordt een gelijkspanning aangeboden van 5,6 V. Deze wordt uit de 220 V van de netspanning afgeleid door middel van de diode D1 en de zener/weerstand-stabilisator R2/D2. De elco C2 zorgt voor een rimpelloos verloop van deze spanning.



Figuur 4/15.13-3: Het praktische schema van de stroboscoop.

15.13 Stroboscoop met LF-besturing

Het moedercontact van de schakelaar gaat naar de gelijkrichter. Deze bestaat uit de diode D3 en de condensator C4. Over deze condensator ontstaat dus ofwel een constante gelijkspanning van ongeveer 5 V, ofwel een gelijkspanning die varieert op het ritme van het volume van de muziek. De onderdelen tussen de condensator C4 en de basis van de transistor T1 zorgen ervoor dat de schakeling niet overstuurd kan worden en de flitsbuis te veel flitsen zou produceren. De zenerdiode D4 beperkt bijvoorbeeld de basisspanning van de transistor tot maximaal 6,2 V. De weerstand R7 verzorgt een ontlaadpad voor de condensator C5, zodat de stroboscoop levendig reageert op de volumeveranderingen van het geluid.
De transistor T1 vormt de regelbare weerstand uit het schema van figuur 4/15.13-2. Dank zij de grote emitterweerstand wordt de transistor flink teruggekoppeld. Het gevolg hiervan is dat de transistor zich als regelbare weerstand gaat gedragen, waarbij de grootte van de weerstand volledig wordt bepaald door de spanning op de basis. Het principiële schema van figuur 4/15.13-2 is gemakkelijk terug te herkennen in het algemene schema. De stuurbare astabiele multivibrator levert via de weerstand R9 uitgangspulsen af, waarvan het aantal per seconde alleen afhankelijk is van de mate van geleiding van de transistor T1 en dus van de grootte van de ingangsspanning van de gelijkrichter.

Het flitssysteem

Het flitssysteem werkt als volgt. Basis van de schakeling is de flitsbuis BL. Dit is een kleine glazen buis, gevuld met xenon-gas onder hoge druk. In de buis zijn drie elektroden ingesmolten. Tussen twee elektroden, geplaatst in de uiteinden van het buisje en de hoofd-elektroden genoemd, wordt een zeer grote gelijkspanning gezet. Deze spanning van ongeveer 350 V wordt uit de netspanning afgeleid. Via de diode D1 en de weerstand R1 wordt de condensator C1 opgeladen tot de topspanning van de netspanning. Dit is ongeveer 350 V. De spanning tussen de elektroden van de flitsbuis is te laag om de buis te laten ontsteken. Wil het xenon-gas gaan geleiden, dan is een kleine triggerontsteking in een deel van het buisje noodzakelijk. Vandaar dat in de buurt van de onderste hoofd-elektrode een ontsteek-elektrode is aangebracht. Als nu tussen de onderste hoofd-elektrode en de ontsteek-elektrode even een spanning van verschillende duizenden volt wordt aangelegd, zal het xenon-gas tussen deze elektroden onmiddellijk ioniseren. Dat wil zeggen dat elektronen uit de atomen worden bevrijd, een gevolg van het grote elektrisch veld tussen beide elektroden. Deze vrije elektronen gaan nu door het gas naar de bovenste hoofd-elektrode migreren, die immers zeer positief is en de negatief geladen elektronen aantrekt. Op hun weg naar deze elektrode botsen de versnelde vrije elektronen tegen gasatomen en slaan hieruit andere elektronen vrij. Er ontstaat dus een soort lawine-effect met als gevolg dat er zoveel vrije elektronen in het gasmengsel ontstaan dat het gas elektrisch geleidend wordt. De vrije elektronen die nu door de buis stromen hebben tot gevolg dat de condensator C1 opeens volledig ontladen wordt door het nu geleidende gas in de buis. Deze grote stroompiek in de buis heeft tot gevolg dat de atomen van het gas in een zeer hoog-energetische toestand worden gebracht. Als de stroompiek over is zullen de atomen terug gaan naar hun stabiele laag-energetische toestand. Hierbij wordt elektromagnetische straling uitgezonden onder de vorm van

15.13 Stroboscoop met LF-besturing

een felle lichtpuls. Het gehele beschreven proces neemt slechts enige milliseconde in beslag. Nadien is de condensator C1 ontladen, de stroom door de buis valt weg, de atomen zijn weer stabiel, de vrije elektronen zoeken weer de bescherming van een xenon-atoom op en het flitssysteem is weer in rust.
Blijft de vraag hoe de hoge ontsteekpuls wordt opgewekt. De condensator C7 wordt via de weerstand R11 opgeladen tot ongeveer 350 V. Over de serieschakeling van deze condensator en de primaire wikkeling van een speciale ontsteektrafo is een thyristor Thy1 geschakeld. Op het moment dat de stuurbare astabiele multivibrator een positief pulsje naar de weerstand R9 stuurt zal de thyristor in geleiding komen. Het gevolg is dat de condensator C7 opeens ontlaadt via de kleine weerstand van de primaire wikkeling van de ontsteektrafo. Er wordt nu een sterk magnetisch veld opgewekt in de kern van de trafo.
De secundaire wikkeling heeft heel veel dunne windingen draad, met als gevolg dat hierin eventjes een grote spanning van enige duizenden volt wordt gegenereerd. Deze spanning wordt tussen de onderste hoofd-elektrode en de ontsteek-elektrode van de flitsbuis gezet en triggert het flitsproces.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R10	=	1 kΩ
R2	=	150 kΩ
R3,R6	=	100 kΩ
R4	=	100 Ω
R5	=	10 kΩ
R7,R8,R11	=	470 kΩ
R9	=	2,2 kΩ
R12	=	1 MΩ

Speciale weerstanden:

R1	=	1 kΩ	15 W
P1	=	100 kΩ	linpot

Condensatoren:

C1	=	4,7 µF	350 V elco
C2	=	47 µF	12 V elco
C4,C5	=	10 nF	MKH
C6	=	100 nF	MKH
C7	=	47 nF	400 V poly.

Halfgeleiders:

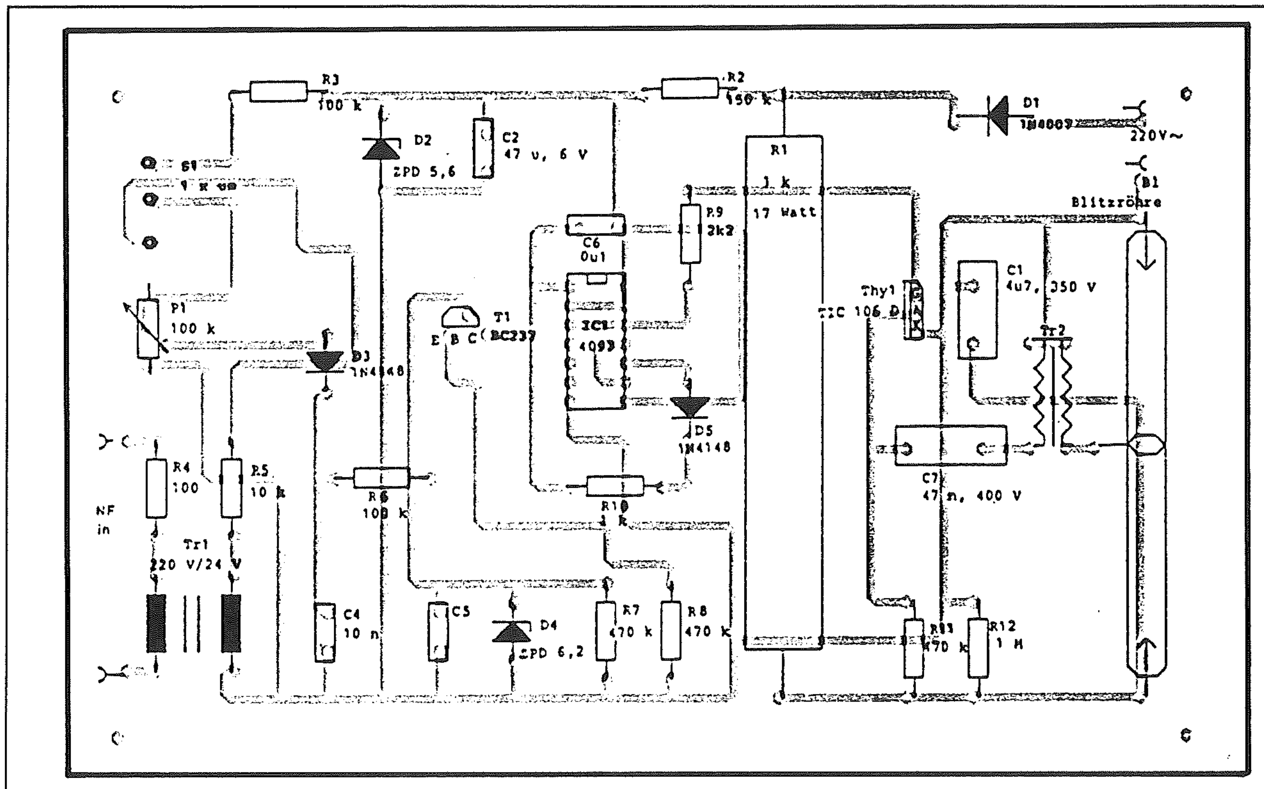
D1	=	1N4007
D2	=	5,6 V zener
D3,D5	=	1N4148
D4	=	6,2 V zener
Thy1	=	TIC106D thyristor
T1	=	BC237
IC1	=	CD4093

Diversen:

Tr1	=	voedingstrafo 220/24 V
Tr2	=	ontsteektrafo
BL	=	flitsbuis
S1	=	1xOM tuimel
Si	=	0,25 A zekering, snel

De bouw van de schakeling
De volledige schakeling kan ondergebracht worden op de print die als figuur 4/15.13-4 op de transparante pagina is getekend. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/15.13-5. De weerstand R1, een draadgewonden exemplaar van minstens 15 W, wordt nogal heet en moet op ceramische afstandsbusjes op de print worden gemonteerd. De flitsbuis wordt altijd samen verkocht met zijn ontsteektrafo. Deze heeft drie aansluitingen, omdat primaire en secundaire wikkeling één aansluiting gemeen hebben. Voor de potentiometer P1 moet men een exemplaar met kunststof as gebruiken.

15.13 Stroboscoop met LF-besturing

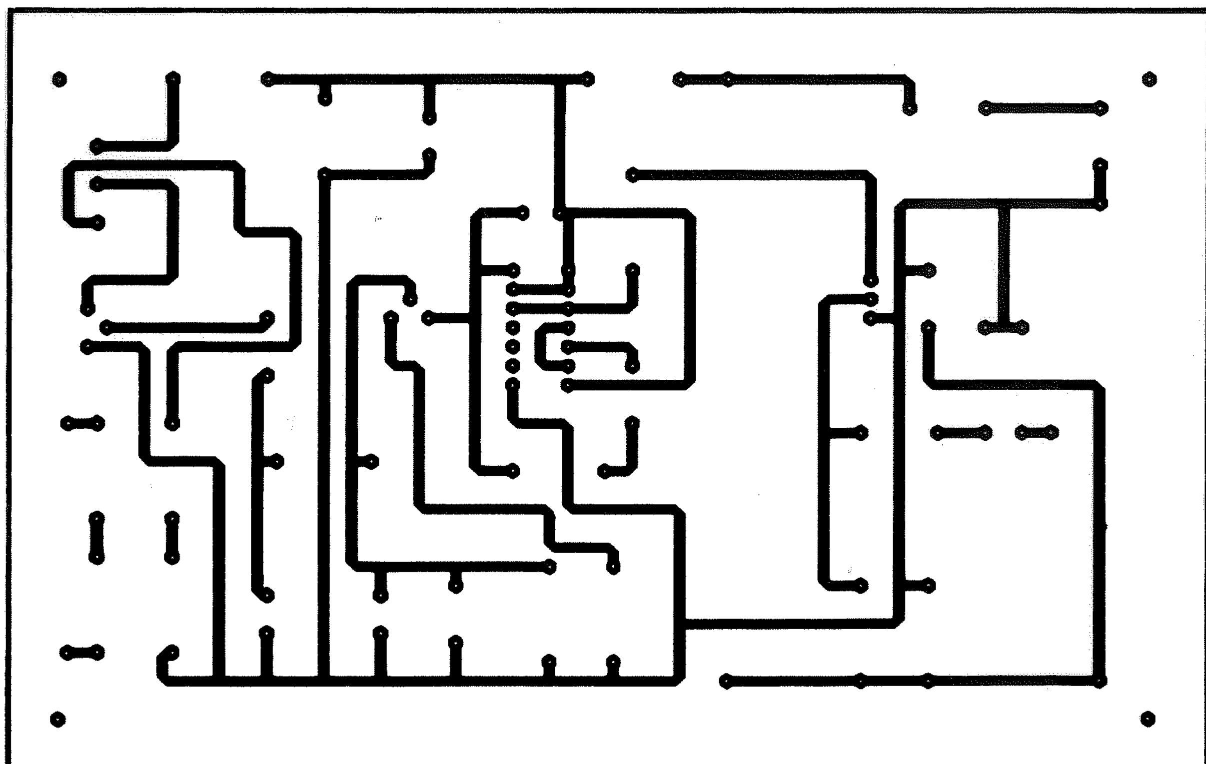


Figuur 4/15.13-5: De componentenopstelling voor de print.

Vergeet niet dat ook dit onderdeel rechtstreeks met de netspanning verbonden is! De flitsbuis moet in een reflector worden gemonteerd, die men zelfs in elkaar zal moeten knutselen. Een en ander is natuurlijk volledig afhankelijk van de behuizing waarin men de stroboscoop wil onderbrengen. Kies uit veiligheidsoverwegingen in ieder geval een kunststof behuizing en zorg voor een goede, geïsoleerde opstelling van de flitsbuis.

De potentiometer, de schakelaar, de LF-ingang en de netkabeluitvoer kunnen in de achterwand van de behuizing worden aangebracht. De LF-ingang kan via een normaal twee-aderig snoer met de luidspekeruitgang van een versterker worden verbonden. Iedere versterker is in staat deze extra belasting te leveren.

15.13 Stroboscoop met LF-besturing



Figuur 4/15.13-4: De print van de schakeling.

4/15.14

Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

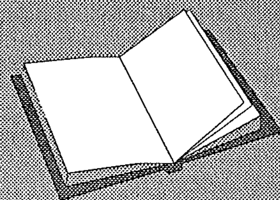
Inleiding

Een modulair ontwerp
Lichtorgels zijn te kust en te keur te koop en, ondanks hun hoge leeftijd, nog erg populair onder de jeugd. Goedkope schakelingen bestaan meestal uit drie kanalen die een rode, een gele en een blauwe lamp sturen.
Niets bijzonders. Wél bijzonder wordt het, als men het aantal kanalen naar eigen wensen kan bepalen en bijvoorbeeld een tienkanaals schakeling kan nabouwen. Alleen al het aantal knopjes, waarmee men de onderlinge gevoeligheden kan regelen, zal op iedere disco-ganger/ster bijzonder grote indruk maken! De in dit hoofdstuk beschreven schakeling is zo'n modulair lichtorgel.
De volledige schakeling bestaat uit drie printen, te weten:
- de basisprint met voeding;
- een eenkanaals lichtstuurprint met actief banddoorlaat filter;
- een zogenoemde pauze-print, die lampen stuurt als het ingangssignaal te klein is om de overige printen aan te sturen.

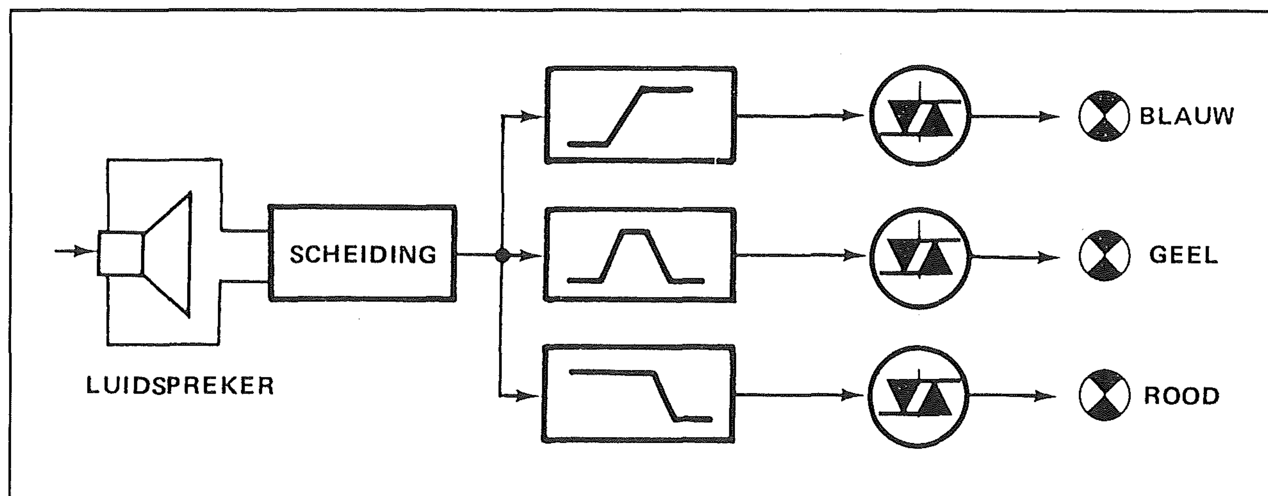
De basisprint moet in ieder geval nagebouwd worden. Hoeveel lichtstuurprinten men bouwt is geheel en al afhankelijk van het aantal kanalen dat men wil hebben. De pauze-print is volledig optioneel en het systeem werkt ook uitstekend zonder deze uitbreiding. Het geheel is uiterst nabouwvriendelijk opgezet. De kant-en-klare printen kunnen naast elkaar gemonteerd worden en onderling doorverbonden met slechts vijf draadbruggetjes. Bovendien worden aloude, zeer beproefde en spotgoedkope onderdelen gebruikt, die de meeste doe-het-zelvers nog wel in voorraad zullen hebben.

Het principe van een lichtorgel
Het principe van een "gewoon" lichtorgel is getekend in figuur 4/15.14-1. Een lichtorgel vormt een muzieksignaal om in enige spanningen, die verschillend gekleurde lampen sturen. Het ligt dus voor de hand dat aan de ingang van zo'n schakeling een geluidssignaal wordt aangesloten. Meestal takt men dat signaal af van de luidsprekeruitgang van een eindversterker, dit om de schakeling van het lichtorgel niet onnodig ingewikkeld te maken.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.5
Hoofdstuk 4/15.8
Hoofdstuk 4/15.10



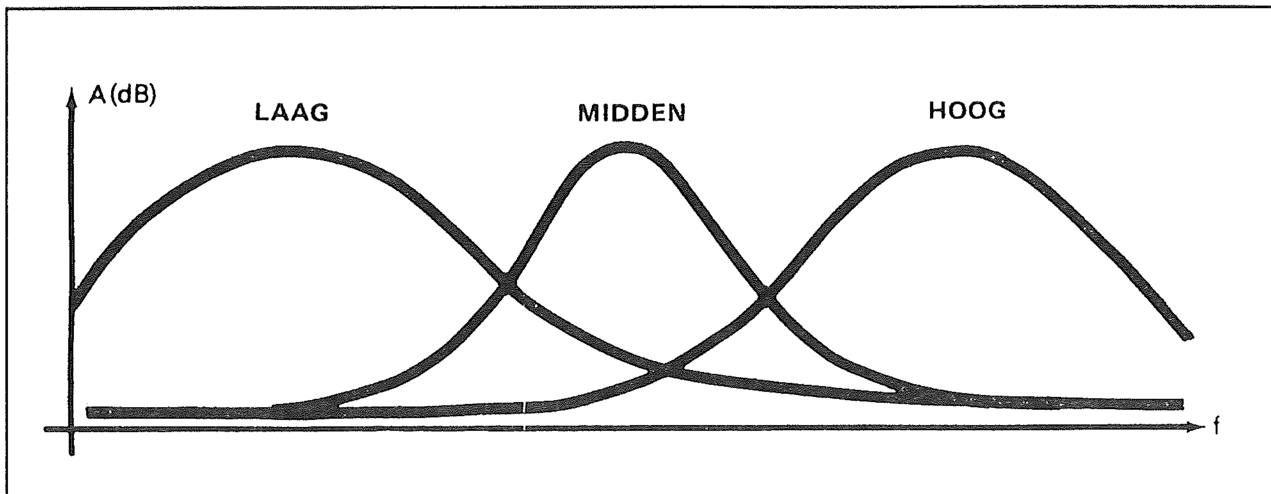
15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-1: Het blokschema van een standaard driekanaals lichtorgel.

Waar wel op gelet moet worden is het feit dat de meeste lichtorgelschakelingen rechtstreeks met het net verbonden zijn. De lampen worden immers gestuurd door thyristoren of door triac's. Dat zijn de elektronische schakelaars, die de lampen al dan niet met de netspanning verbinden. De stuurbare dioden worden natuurlijk gestuurd uit de elektronica van het lichtorgel en zo is meteen duidelijk hoe het komt dat de schakeling van een lichtorgel rechtstreeks met het net verbonden is. Het is dus zonder meer verboden de ingang van een lichtorgel zonder speciale maatregelen zo maar op de luidsprekeruitgang van een versterker aan te sluiten. De luidsprekeruitgang zou dan ook rechtstreeks met de netspanning verbonden worden en dus ook de volledige elektronica van het gebruikte geluidssysteem. Het aanraken van een (metalen) knop van versterker, mengpaneel of CD-speler zou dan gelijk staan aan het vrijwillig op de elektrische stoel plaatsnemen. Vandaar dat alle lichtorgels voorzien zijn van een scheidingstrap, die een galvanische ontkoppeling tussen de versterker en het lichtorgel mogelijk maakt. Dat wil zeggen dat wél het geluidssignaal van de versterker naar het lichtorgel kan, maar dat de netspanning niet van het lichtorgel naar de versterker kan doordringen. Na deze scheidingstrap komen meestal drie filters. Deze schakelingen filteren uit het volledige aanbod aan geluidsfrequenties en bepaalde band uit. De meeste lichtorgels hebben drie kanalen, zodat ook drie filters noodzakelijk zijn. Het eerste filter zal dan alleen alle frequenties onder bijvoorbeeld 500 Hz doorlaten en alle hogere frequenties blokkeren. Het tweede filter zal een frequentieband tussen bijvoorbeeld 500 Hz en enige kHz ongehinderd doorlaten. Het laatste filter laat de frequenties boven enige kHz ongemoeid. Als men een grafiekje tekent, waarin de doorlaatband van de drie filters wordt uitgezet in funktie van het totale muziekspectrum van 20 Hz tot 20 kHz, dan ontstaat het bekende plaatje van figuur 4/15.14-2.
Na de filters volgen de triac's of thyristoren.
Deze worden gestuurd door de uitgangsspanningen van de filters, die meestal eerst gelijkgericht worden, zodat de elektronische schakelaars door gelijkspanningen gestuurd kunnen worden. Hoe dat gaat is erg eenvoudig.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

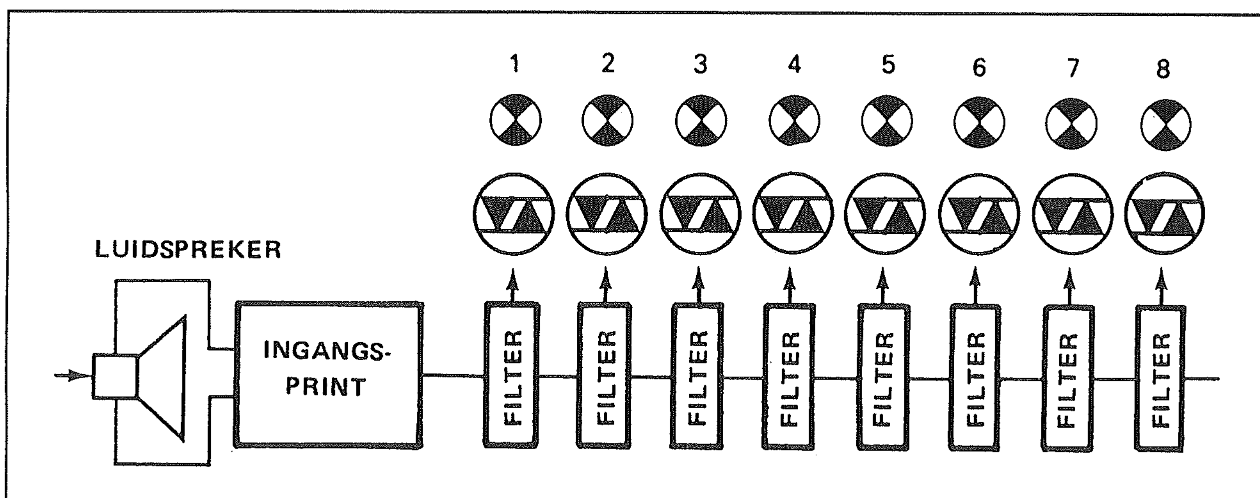


Figuur 4/15.14-2: De doorlaatkarakteristiek van de drie kanalen van een standaard lichtorgel.

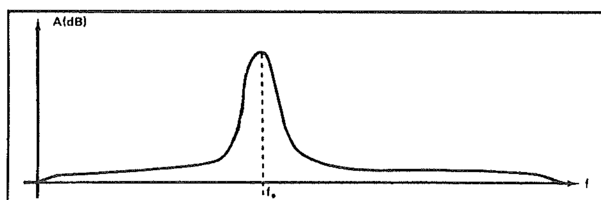
Als er in het muzieksignaal veel lage tonen aanwezig zijn, dan zal het lage filter een forse uitgangsspanning afleveren. Deze zal, gelijkgericht, een spanning van enige volts aanbieden aan de triac. Nu gaat zo'n onderdeel geleiden, als de spanning op de gate, dat is de stuurelektrode, groter is dan 0,7 V. In het genoemde voorbeeld is dat het geval, zodat de elektronische schakelaar, die een triac is, opengestuurd wordt en de lamp die op de triac is aangesloten met de netspanning verbonden wordt.
Het hier geschetste profiel van een "standaard" lichtorgel voldoet in de praktijk erg goed. Gebleken is echter, dat er steeds meer vraag ontstaat naar uitgebreidere lichtorgels. De enige manier waarop dat kan, is door het uitbreiden van het aantal kanalen. In principe zou men dus een vier-, vijf- of zes- kanaalslichtorgel kunnen ontwerpen. Maar waarom zou men dat doen als er een eenvoudige methode te verzinnen is, waarmee eenieder het door hem of haar gewenste lichtorgel, helemaal naar eigen maat, kan samenstellen? Vandaar dus dit modulair lichtorgel, waarbij de nabouwer het aantal kanalen zélf bepaalt.

Het principe van het systeem
Het fundamentele blokschema van het modulair lichtorgel is getekend in figuur 4/15.14-3. Het ontwerp is opgebouwd op drie relatief kleine printjes. Het eerste bevat de scheidingstrap, een voorversterkertje en de voeding. De tweede print herbergt een actief frequentiefilter, een gelijkrichter en een triac-stuurschakeling. Deze print, de eenkanaals-print, is in feite niets anders dan een eenkanaals lichtorgeltje. De bedoeling van het geheel zal nu duidelijk worden. Wil men een tienkanaals lichtorgel opbouwen dan moet men, naast de basisprint, tien eenkanaalsprintjes volbouwen, de zaak met elkaar verbinden, en klaar is kees. Men moet alleen de frequenties die de filtertjes doorlaten, op iedere print anders instellen, wat kan door de keuze van slechts drie condensatoren. Tot slot is er een derde printje, dat tegengesteld werkt. Als de ingangsprint géén signaal levert zal deze schakeling de ingebouwde triac opensturen, zodat de aangesloten lamp gaat branden. Natuurlijk worden er bij een dergelijke opzet wel wat zwaardere eisen gesteld aan de filters dan bij het eenvoudige lichtorgel.

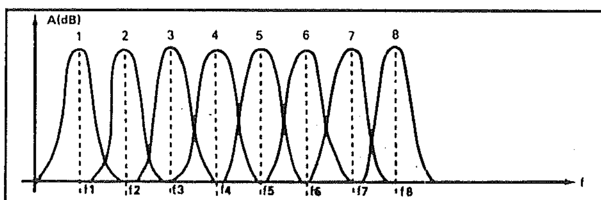
15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-3: Het blokschema van het modulair lichtorgel.



Figuur 4/15.14-4: De frequentiekarakteristiek van één kanaal van het systeem.



Figuur 4/15.14-5: Het frequentiebereik van een achtkanaalsschakeling.

Bij dit laatste soort schakelingen zijn de filters vrij breedbandig. Dat wil zeggen dat de filters een vrij brede frequentieband doorlaten en dat de overgang van doorlaat naar sper erg geleidelijk verloopt. Dat moet ook, want de totale frequentieband van 20 Hz tot 20 kHz moet door de drie kanalen bestreken worden. Bij het modulair lichtorgel moeten de filters veel selectiever werken. In feite zou ieder kanaal slechts één bepaalde frekwente mogen doorlaten en alle andere sperren. Zo niet, dan zou er nauwelijks verschil te merken zijn tussen een kanaal dat is afgestemd op 1 kHz en een dat is opgebouwd voor 2 kHz. Vandaar dat de doorlaatkarakteristiek van een eenkanaalsprint er uit ziet zoals geschetst in figuur 4/15.14-4. Een bepaalde frequentie fo wordt doorgelaten en bijna alle andere signalen worden gesperd.

Als men een lichtorgel met acht kanalen opbouwt, dan ziet de totale weergavekarakteristiek van de schakeling er uit zoals getekend in figuur 4/15.14-5. Het volledige geluids frequentiespectrum wordt vrij gelijkmatig bestreken. Een vraag ligt voor de hand: hoe gedraagt deze schakeling zich als er slechts drie kanalen worden gebruikt? Erg goed. Weliswaar wordt dan niet het totale geluidsspectrum aan de drie lampen aangeboden, maar slechts drie frequenties uit die band, maar de praktijk heeft geleerd dat een geluidssignaal zo complex van samenstelling is, dat er wel steeds voldoende signaal van de drie geselekteerde frequenties aanwezig is om de drie lampen op bevredigende wijze te sturen. Met andere woorden: het modulair lichtorgel is universeel. Wie een

"gewoon" lichtorgel met drie kanalen wil bouwen, kan net zo goed van het systeem gebruik maken als iemand die tien kanalen meent nodig te hebben.

De basis-module

Het blokschema

Het blokschema van de basisprint van het modulair lichtorgel is getekend in figuur 4/15.14-6. De ingang wordt verbonden met de luidsprekeruitgang van een versterker. De scheidingstrap zorgt voor de noodzakelijke levensgarantie voor de gebruiker/ster van de schakeling. Een voorversterkertje versterkt het uit de scheidingstrap ontvangen signaal enigszins, zodat ook bij een zacht volume voldoende signaal aanwezig is. De voeding bouwt een gestabiliseerde spanning van 12 V op, nodig voor het voeden van de elektronica van de voorversterker en van de eenkanaals of pauze prints. De netspanning doorloopt eerst een ontstoorfiltertje en is nadien beschikbaar voor de serieschakeling van de verschillende lamp/triac groepen. Dat ontstoorfilter is erg noodzakelijk.

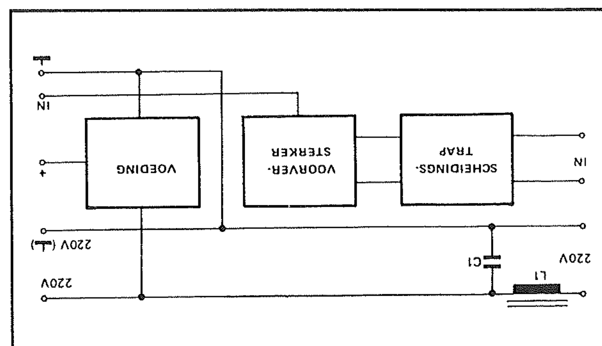
Een triac-schakeling heeft namelijk de eigenschap dat het de netspanning verontreinigt met hoogfrequent signalen. Deze ontstaan door het erg snel inschakelen van de lampen, waardoor plotselinge stroompieken ontstaan. Zonder ontstoorfilter zouden deze spanningen doordringen tot de netleidingen en de ontvangst van FM- en TV-programma's ongenietbaar maken.

Het praktisch schema van de basisprint

Het totale schema van de ingangsschakeling is getekend in figuur 4/15.14-7. Zoals te verwachten was, is deze schakeling vrij eenvoudig. De inkomende netspanning wordt eerst en vooral gezekerd door middel van een zekering van 6 A. Het ontstoorfilter is opgebouwd uit de condensator C1 en de spoel L1. Deze combinatie zal ervoor zorgen dat de hoogfrequente signalen, die door de lampen vloeien, niet doordringen naar het net. Een spoel heeft immers een hoge weerstand voor hoge frequenties en een condensator een lage, zodat de combinatie van beide onderdelen een ideaal laagdoorlaat filter vormt. Nog veel beter was het, als tussen iedere lamp en iedere triac zo'n filtertje werd opgenomen.

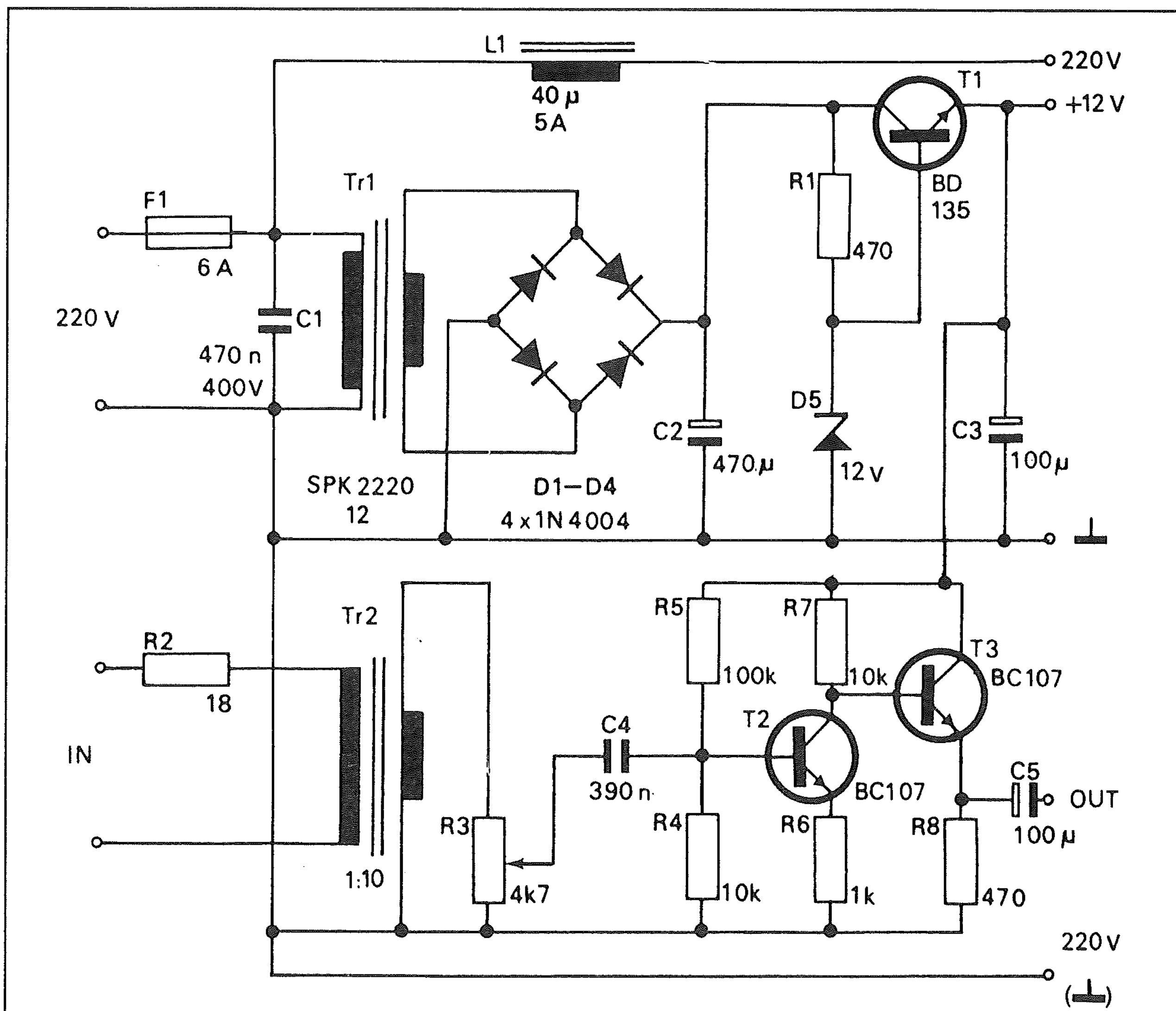
Nu voeren de draden, die de lampen met de schakeling verbinden, immers nog wél de stoorpulsen. Deze draden kunnen dan als antenne werken en de lucht verontreinigen met hoogfrequente signalen. De gekozen praktische opbouw van het lichtorgel maakt deze oplossing echter onmogelijk, nog afgezien van de prijs van de vele ontstoorspoeltjes.

De netspanning voedt ook een eenvoudig 12 V trafootje, waarvan de secundaire spanning wordt gelijkgericht door vier in brug geschakelde dioden, afgevlakt door C2 en gestabiliseerd door T1.



Figuur 4/15.14-6: Het blokschema van de basisprint.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-7: Het praktisch schema van de basisprint.

De werking van die trap is duidelijk. Door middel van de zenerdiode D5 wordt de basis van de transistor op een spanning van 12 V gestabiliseerd. De transistor werkt als emittervolger, hetgeen wil zeggen dat de spanning op de emitter gelijk is aan de spanning op de basis, minus 0,7 V. Elco C3 zorgt voor een extra afvlakking van de voedingsspanning.
De scheidingstrap is opgebouwd uit een klein, speciaal voor dit doel ontwikkeld scheidingstrafootje. De wikkelverhouding van 1 op 10 (de secundaire wikkeling heeft dus tien maal het aantal windingen van de primaire) zorgt voor een extra versterking van het ingangssignaal. Door middel van de potentiometer R3 kan men het uitgangssignaal van de basisprint aanpassen aan het gemiddelde volume van de geluidsinstallatie.
De versterker, opgebouwd rond de transistoren T2 en T3, geeft een signaalversterking van tien maal. De eerste transistor is de spanningsversterker. De versterkingsfactor wordt bepaald door de verhouding tussen de weerstanden R6 en R7.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

Het versterkte signaal wordt van de collector rechtstreeks in de basis van de als emittervolger geschakelde T3 gestuurd. Dat kan zonder problemen met de instelling van deze laatste halfgeleider, want de basisspanningsdeler van T2 zorgt ervoor, dat de collector van deze trap precies op de helft van de voedingsspanning wordt ingesteld, hetgeen dus ook de basisinstelspanning van de emittervolger is. De uitgangsimpedantie van T3 is laag. Dat is ook noodzakelijk, omdat het uitgangssignaal van de emittervolger alle eenkanaals printjes en de pauze-schakeling moet sturen. Deze hebben een ingangsimpedantie van slechts 4,7 kΩ, zodat bijvoorbeeld de parallel geschakelde kanalen van een tienkanaalssysteem een belasting van 470 Ω voor de voorversterker vormen. De emittervolger is zonder meer in staat deze belasting aan te sturen.
Sommige lichtorgels zijn voorzien van een automatische sterkteregeling, hetgeen wil zeggen dat de versterking van de eerste trap zich automatisch zo instelt, dat voor ieder geluidsvolume een goede sturing van het lichtorgel wordt verkregen. Om de schakeling niet al te gecompliceerd te maken is deze optie niet ingebouwd, zodat men door middel van de potentiometer R3 het lichtorgel moet instellen op het volume van het geluid. De modulaire opzet van de schakeling geeft iedereen de vrijheid een ekstra printje te ontwerpen, dat tussen de basisprint en de kanaalsprinten geschakeld kan worden en dat een automatische volumeregeling in het systeem invoert.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R1,R8	=	470	Ω
R2	=	18	Ω
R4,R7	=	10	kΩ
R5	=	100	kΩ
R6	=	1	kΩ

Potentiometer, lineair:

R3	=	4,7	kΩ

Condensatoren:

C1	=	470	nF	400 V min.
C2	=	470	µF	25 V print
C3,C5	=	100	µF	16 V print
C4	=	390	nF	MKH

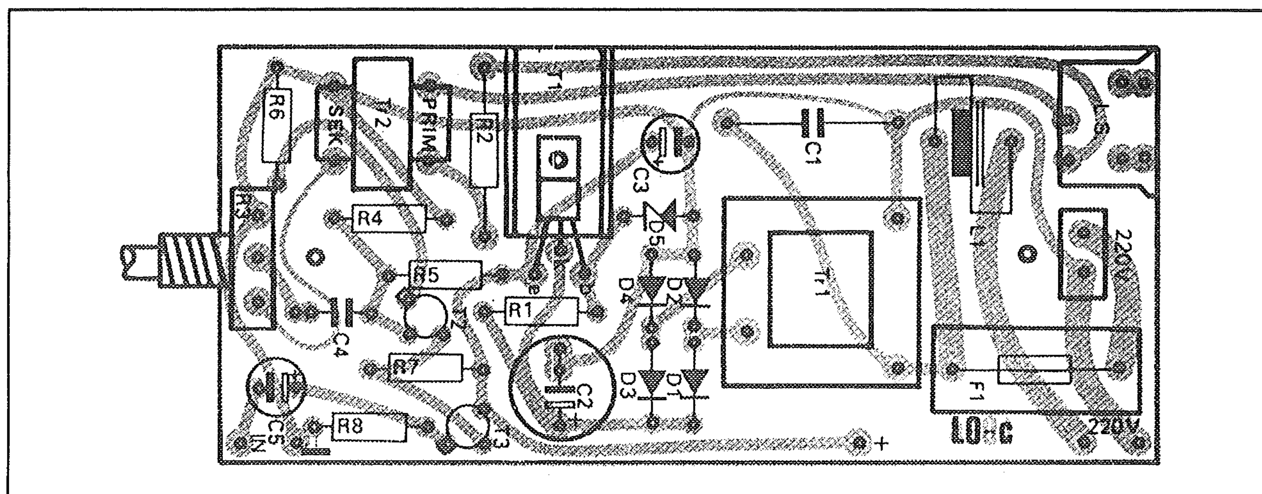
Halfgeleiders:

D1,D2,D3,D4	=	1N4004
D5	=	12 V 400mW zener
T1	=	BD135
T2,T3	=	BC107

Diversen:
1 x SPK2220/12,
Spitznagel (12 V - 250 mA trafo)
1 x 1/10 scheidingstrafo voor lichtorgels
1 x printzekeringhouder
1 x 6 A zekering, snel
1 x ontstoorspoel, 40 µH, 5 A
1 x printkroonsteentje
1 x DIN luidsprekerchassisdeel, print
1 x koelprofiel voor BD 13...
8 x printsoldeerlipje
2 x afstandsbusjes 5 mm
2 x M3x15 boutje
1 x M3x10 boutje
3 x M3 moertje
1 x knop voor potentiometer
1 x netkabel met aangegoten stekker

De bouw van de schakeling
De drie print lay-out's zijn samengevat in figuur 4/15.14-8 op de transparante pagina. De print voor de basiseenheid is gecodeerd met LO-c en is de grootste van de drie. De componentenopstelling is getekend in figuur 4/15.14-9.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-9: De componentenopstelling van de basisprint.

In het prototype werd gewerkt met een speciale printuitvoering van een DIN luidsprekerconnector. Dat is natuurlijk niet noodzakelijk, men kan de ingang van de print net zo goed door middel van twee draadjes met een willekeurig connectorsysteem verbinden. De ontstoorspoel heeft een typische toroide-vorm, deze uitvoering is voor verschillende stroomsterkten in de handel. Welk type gebruikt wordt, hangt niet alleen af van het aantal kanalen, maar ook van het vermogen van de lampen. Met een 5 A spoel kan men in totaal 1,15 kW sturen, hetgeen een zee van licht geeft. De transistor T1 wordt door middel van een koelprofiel op de print geschroefd. De scheidingstrafo is in verschillende uitvoeringen in de handel. Denk er aan dat de secundaire en primaire niet omgewisseld mogen worden, omdat de gevoeligheid van de schakeling dan erg laag wordt! Als men niet weet wat primair en wat secundair is, dan kan men de wikkelingen door middel van een Ω-meter doormeten. De wikkeling met de grootste ohmse weerstand is de secundaire en moet aan de kant van de potentiometer op de print komen. De potentiometer kan eveneens rechtstreeks op de print gesoldeerd worden. Gebruik bij voorkeur een type met een kunststof as en zorg ervoor dat de behuizing van de potmeter geen contact maakt met de schakeling. De potentiometer komt anders immers onder netspanning te staan. Voor de toevoer van de netspanning werd gebruik gemaakt van een printkroonsteentje, zodat op het cruciale moment van het aansluiten van de schakeling op het net geen soldeerbout noodzakelijk is.

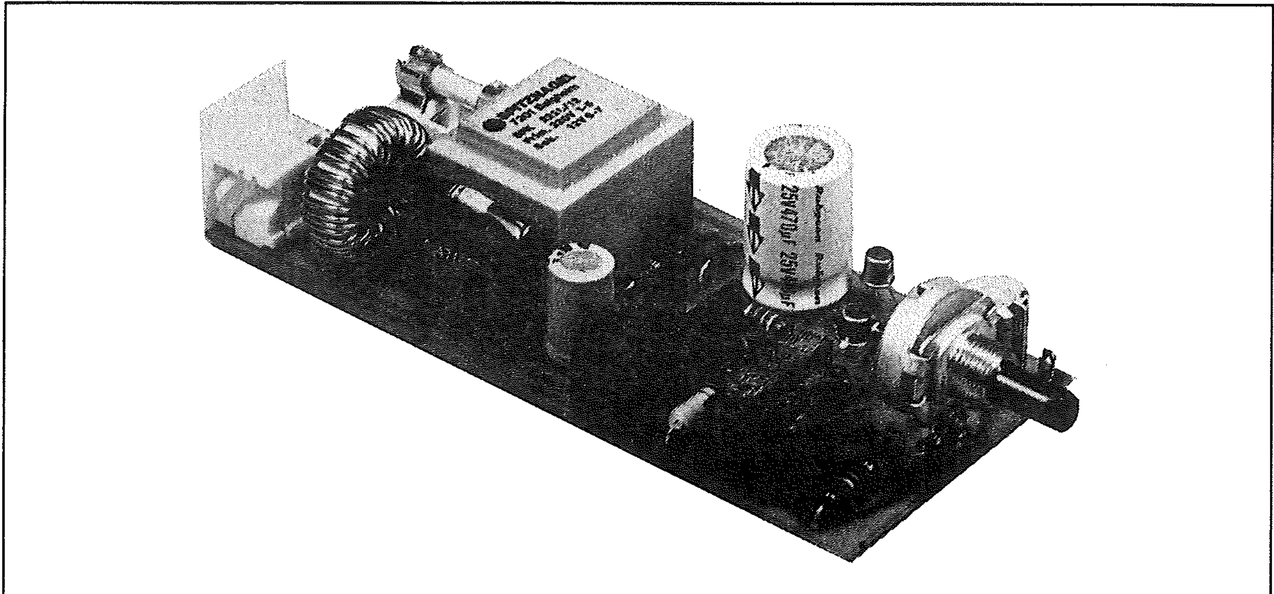
De foto van figuur 4/15.14-10 geeft een impressie van de kompleet gemonteerde basisprint.

De eenkanaals-module

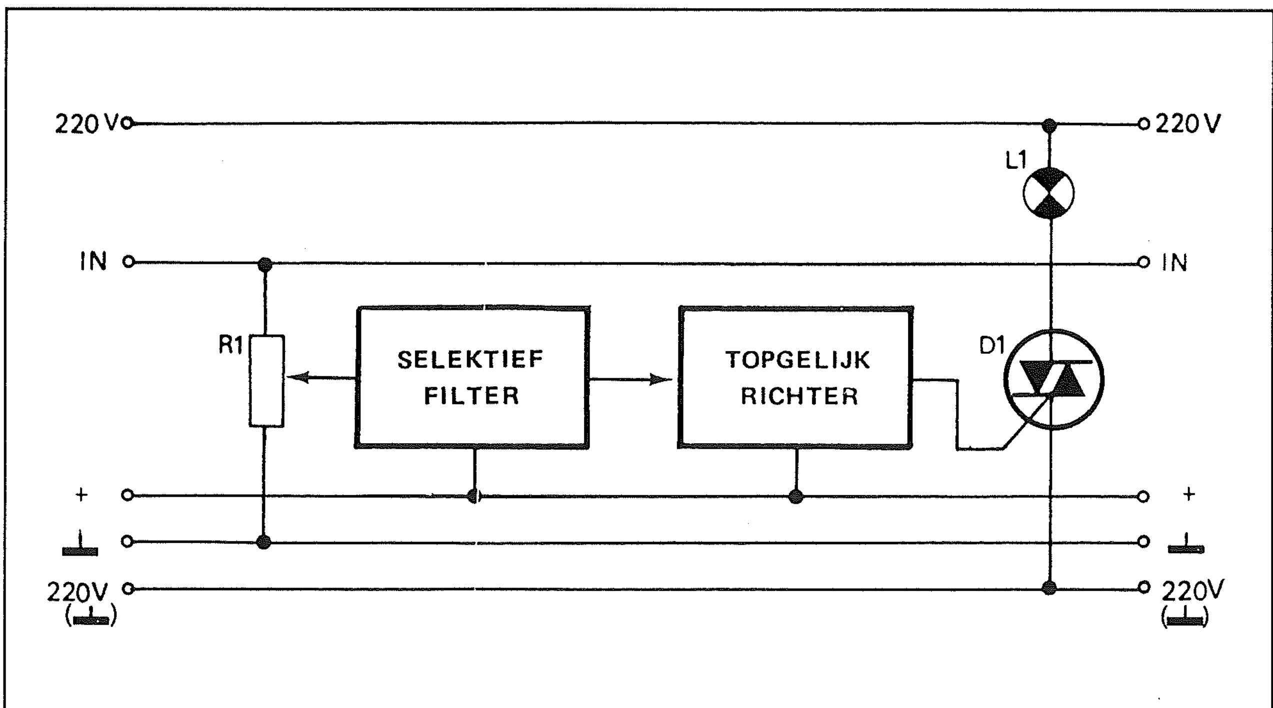
Het blokschema

Het blokschema van de eenkanaalsprint is getekend in figuur 4/15.14-11. De vijf uitgangen van de ingangsschakeling vindt men hier natuurlijk ook terug. Deze vijf verbindingen doorlopen de volledige schakeling, omdat zij immers van print naar print moeten lopen.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-10: De compleet gemonteerde basisprint.

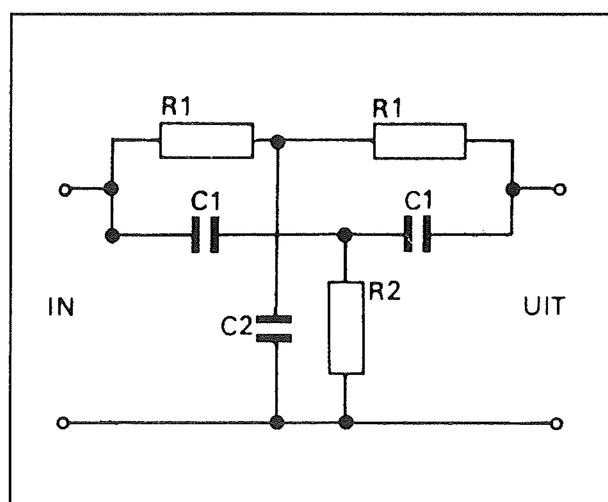


Figuur 4/15.14-11: Het blokschema van de eenkanaalsprint.

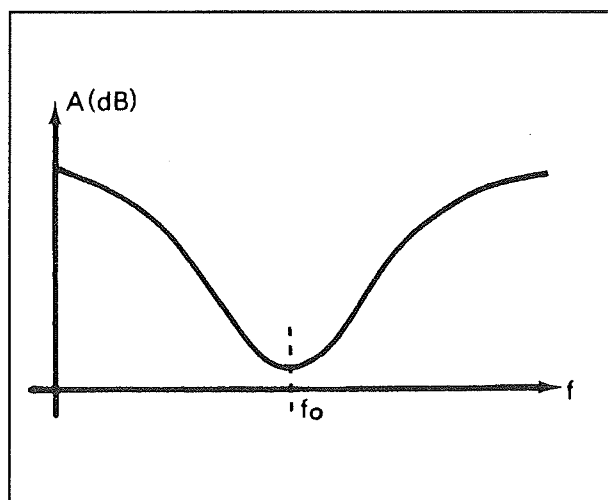
Het selectieve frequentiefilter wordt voorafgegaan door een potentiometer, waarmee men de respons van het kanaal kan aanpassen aan het soort muziek. Het filter stuurt een top-gelijkrichter, die de uitgefilterde signaalspanning omvormt tot een gelijkspanning, waarvan de grootte gelijk is aan de top-tot-top waarde van de wissel-

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

spanning op de uitgang van het filter. De lamp is, samen met de triac, geschakeld tussen de 220 V "hete" leiding en de 220 V "koude" aansluiting. Deze laatste lijn is de netspanningsdraad, die ook met de gemeenschappelijke massa van de schakeling verbonden is. Deze verbinding met massa is uitgevoerd op de basisprint.



Figuur 4/15.14-12: De frequentie-bepalende onderdelen van het doorlaatfilter.



Figuur 4/15.14-13: De doorlaatkarakteristiek van de schakeling van figuur 4/15.14-12.

Het selectieve filter

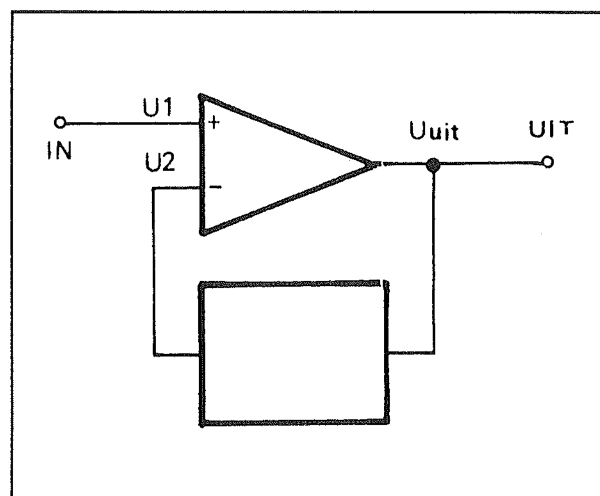
Bij de meeste lichtorgels worden de frequentie-selectieve filters opgebouwd uit de cascade-schakeling (dat wil zeggen: achter elkaar geschakeld) van een RC-laagdoorlaat en een RC-hoogdoorlaat filter. Bij het modulair lichtorgel kan zo'n eenvoudige schakeling niet gebruikt worden, omdat de doorlaatband ervan veel te breed is en de steilheid van de filterkarakteristiek te gering. Men moet dus echte actieve frequentie-selectieve filters gebruiken. De frequentie-bepalende onderdelen van een dergelijk filter zijn getekend in figuur 4/15.14-12.

Deze schakeling gaat door het leven onder de benaming "dubbel T-filter". Waar deze naam vandaan komt zal duidelijk zijn. De componenten R1, R1 en C2 en de onderdelen C1, C1 en R2 vormen immers twee T's. Het is erg vreemd (en zonder moeilijke wiskunde ook niet te verklaren), maar deze schakeling heeft als eigenschap dat, als de waarden van de verschillende onderdelen aan een paar formules voldoen, er een bepaalde frequentie bestaat, die door het filter zo goed als volledig verzwakt wordt. Alle andere frequenties worden ongemoeid doorgelaten. De weergavekarakteristiek van het dubbel T-filter is getekend in figuur 4/15.14-13. De frequentie fo is het haasje: deze wordt verzwakt. Waaraan moeten de onderdelen van het filter voldoen, wil deze vreemde eigenschap volledig tot haar recht komen? Op de eerste plaats valt natuurlijk op, dat twee weerstanden en even veel condensatoren hetzelfde volgnummer hebben, namelijk R1 en C1. Dat is niet per abuis, deze onderdelen moeten namelijk dezelfde waarde hebben. Bovendien is er een strikt verband tussen de waarde van de weerstanden en de condensatoren:

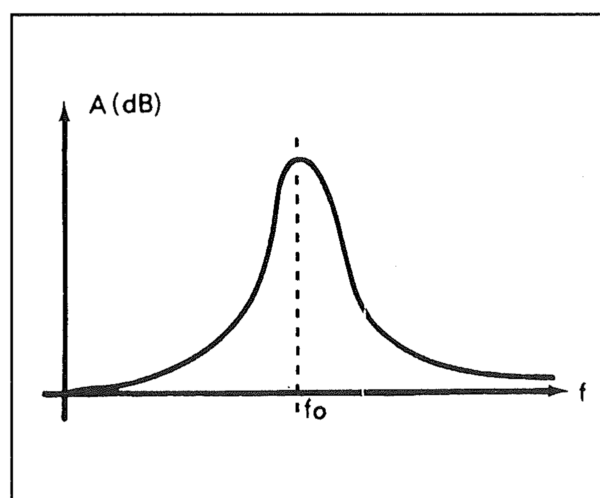
R2 = 0,5 * R1

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

C2 = 2 * C1
De waarde van de ongelukkige frequentie, waarvan het filter helemaal niets wil weten, wordt gegeven door de formule:
f = 1 / (2 * π * R1 * C1)
In deze formule wordt de waarde van de weerstand uitgedrukt in Ω en de waarde van de condensator in F. De frekwente volgt dan uit de berekening in Hz.
Nu zal de aandachtige lezer/es natuurlijk opmerken dat het niet de bedoeling is een welbepaalde frequentie te onderdrukken en de rest door te laten, maar dat het omgekeerde nodig is. Hoe zit dat nou? Het schema van figuur 4/15.14-12 wordt niet zonder meer gebruikt, maar wordt opgenomen in de terugkoppellus van een versterker, zoals geschetst in figuur 4/15.14-14. De te filteren wisselspanning wordt toegevoerd aan de positieve ingang van een operationele versterker. De negatieve ingang is met de uitgang van de versterker verbonden, maar met tussenschakeling van het selectieve filter uit figuur 4/15.14-12. Het resultaat van een en ander valt te bewonderen in figuur 4/15.14-15.
De versterker met terugkoppeling zal nu de beroemde frequentie fo gaan versterken en alle andere signalen verzwakken. Hoe dit te verklaren? Alvorens op deze vraag te antwoorden moet men zich enige eigenschappen van een operationele versterker voor de geest halen. Een operationele versterker zal de spanning op zijn uitgang zo instellen, dat er geen spanningsverschil tussen beide ingangen aanwezig is. Stel, dat aan de schakeling van figuur 4/15.14-14 een signaal wordt aangelegd met een frequentie, die niet gelijk is aan fo. De op-amp wil dit signaal versterken. Het filter, geschakeld tussen uitgang en negatieve ingang, laat deze frequentie echter ongemoeid door. Dat wil dus zeggen dat het volledig uitgangssignaal op de negatieve ingang terecht komt.



Figuur 4/15.14-14: Het selectief filter wordt opgenomen in de terugkoppellus van een operationele versterker.



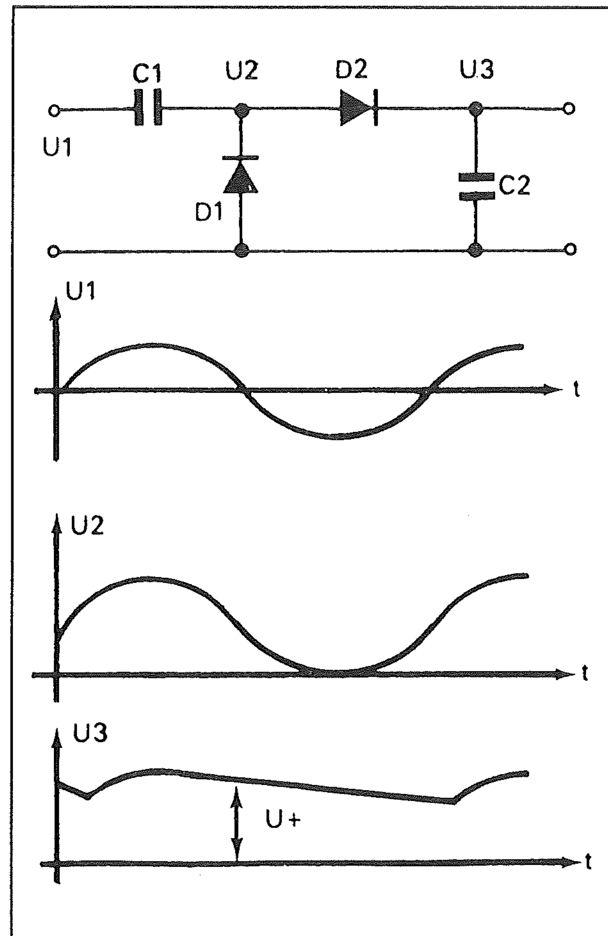
Figuur 4/15.14-15: De doorlaatkarakteristiek van de schakeling van figuur 4/15.14-14.

Wil voldaan worden aan de eis, dat de spanning op beide ingangen gelijk is, dan zal dat betekenen dat in dit geval de spanning op de uitgang precies gelijk is aan de spanning op de ingang. De uitgang is

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

dank zij de eigenschap van het filter voor de gekozen frequentie immers rechtstreeks met de negatieve ingang verbonden, zodat alleen maar aan de eis "gelijke spanningen op de ingangen" voldaan kan worden als ook de uitgang op dezelfde spanning staat.
Conclusie: signalen met een frequentie die niet gelijk is aan de sperfrequentie van het filter, worden niet versterkt.
Wat nu, als aan de ingang van de op-amp een signaal wordt gelegd met een frequentie gelijk aan fo? Dit signaal wordt door het filter verzwakt, dat wil zeggen dat er slechts een verwaarloosbaar deel van de uitgangsspanning van de op-amp op de negatieve ingang belandt. Wil de versterker zijn goede naam hoog houden, dan zal hij ook nu ervoor moeten zorgen, dat zijn negatieve ingang op dezelfde spanning komt als zijn positieve ingang. Dat kan alleen maar als de schakeling zoveel gaat versterken, dat de verzwakking van het filter voor het signaal met frequentie fo wordt gecompenseerd.
Besluit: een signaal met een frequentie gelijk aan de sperfrequentie van het filter wordt door de versterker flink versterkt.

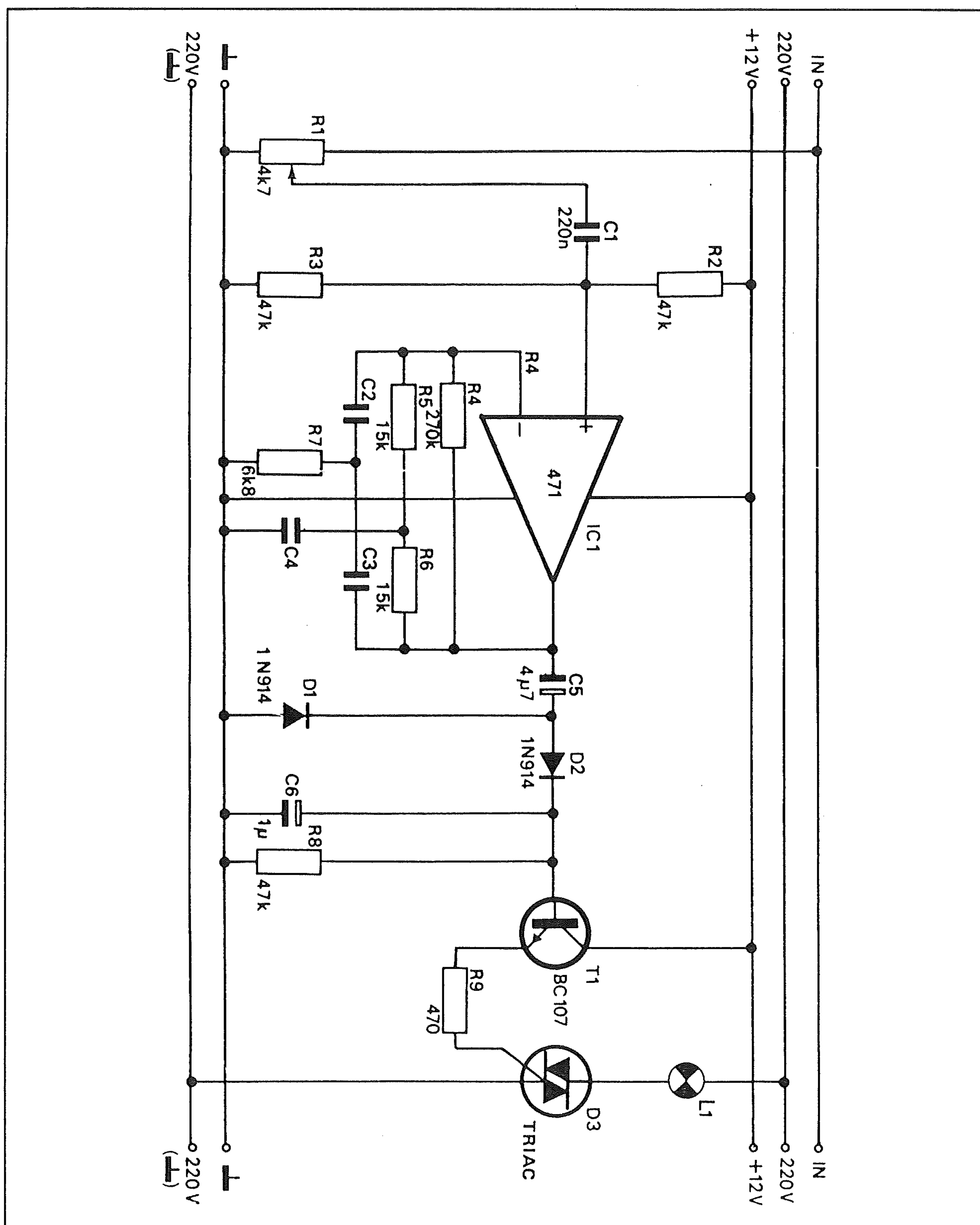
De top-gelijkrichter
Het schema van de gelijkrichter, die de uitgangsspanning van het filter gelijkricht, is getekend in figuur 4/15.14-16. Het zal duidelijk zijn, dat men een zo groot mogelijke gelijkspanning wil afleiden uit het ter beschikking staande signaal. Vandaar dat er geen normale gelijkrichter wordt toegepast, want dan zouden alleen de positieve gedeelten van het wisselspanningssignaal omgezet worden in een gelijkspanning. Wat eerst gebeurt is dat het volledige wisselspanningssignaal positief wordt gemaakt. De condensator C1 neemt deze taak, in samenwerking met de diode D1, voor zijn rekening. Het ingangssignaal van de top-gelijkrichter (zo noemt men deze speciale vorm van gelijkrichter) is getekend in de bovenste grafiek van figuur 4/15.14-16.



Figuur 4/15.14-16: Het schema van de top-gelijkrichter met de in de schakeling voorkomende spanningsvormen.

Zonder de diode zou de spanning achter de condensator precies hetzelfde verloop hebben als voor de condensator, dus ook voor de helft positief en voor de helft negatief zijn. De diode zal echter gaan geleiden als de spanning achter de condensator negatief wil worden.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-17: Het volledig schema van de eenkanaalsprint.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

De kathode wordt dan immers negatief ten opzichte van de anode. Het gevolg is dat er dan stroom door de keten gaat lopen. Deze stroom heeft tot gevolg dat de rechter plaat van de condensator niet negatief kan worden. Met andere woorden: de diode zorgt ervoor dat de spanning achter C1 niet negatief kan worden, zodat de wisselspanning aan de ingang van de schakeling wordt omgevormd tot een volledig positief verlopende spanning (zie grafiek U2). Deze nu, wordt gelijkgericht door de diode D2 en afgevlakt door de condensator C2. Men kan dus besluiten dat over dit laatste onderdeel een spanning staat (zie grafiek U3), waarvan de grootte gelijk is aan de top-tot-top waarde van de wisselspanning aan de ingang.

Het volledig schema

Het volledig schema van één kanaal van het lichtorgel is getekend in figuur 4/15.14-17. Zonder moeite herkent men alle afzonderlijk besproken onderdelen. Het ingangssignaal, afkomstig van de uitgang van de basis-print, stuurt via een potentiometer de positieve ingang van een op-amp. De weerstanden R2 en R3 zorgen voor de gelijkspanningsinstelling van de op-amp. Het dubbel T-filter is zonder meer herkenbaar. Over dit filter staat een extra weerstand van 270 kΩ, die de maximale versterking van de schakeling begrenst. Was deze weerstand niet aanwezig, dat zou de schakeling kunnen oscilleren. De uitgang van de top-gelijkrichter stuurt de basis van een emittervolger T1. Deze heeft tot taak de uitgangsspanning van de gelijkrichter (deze schakeling kan geen stroom leveren) om te vormen tot een stuurstroom voor de gate van de triac. De werking van het geheel is als volgt. Als er in het geluidssignaal een component aanwezig is, met de frequentie waarop het filter is afgestemd, dan zal de versterker dit signaaltje uit de grijze massa selecteren en versterken. Nadien vormt de gelijkrichter dit versterkte signaal om in een gelijkspanning. Als deze groter is dan 1,5 V zal de triac ontsteken zodat de lamp gaat branden. Door middel van de potentiometer aan de ingang van de schakeling kan men de amplitude van het signaal instellen die nodig is om de triac tot ontsteking te brengen.

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R2,R3,R8	=	47	kΩ	
R4	=	270	kΩ	
R5,R6	=	15	kΩ	
R7	=	6,8	kΩ	
R9	=	470	Ω	

Potentiometer, lineair:

R1	=	4,7	kΩ	

Condensatoren:

C1	=	220	nF	MKM
C2	=			zie tabel
C3	=			zie tabel
C4	=			zie tabel
C5	=	4,7	µF	16 V print
C6	=	1	µF	16 V print

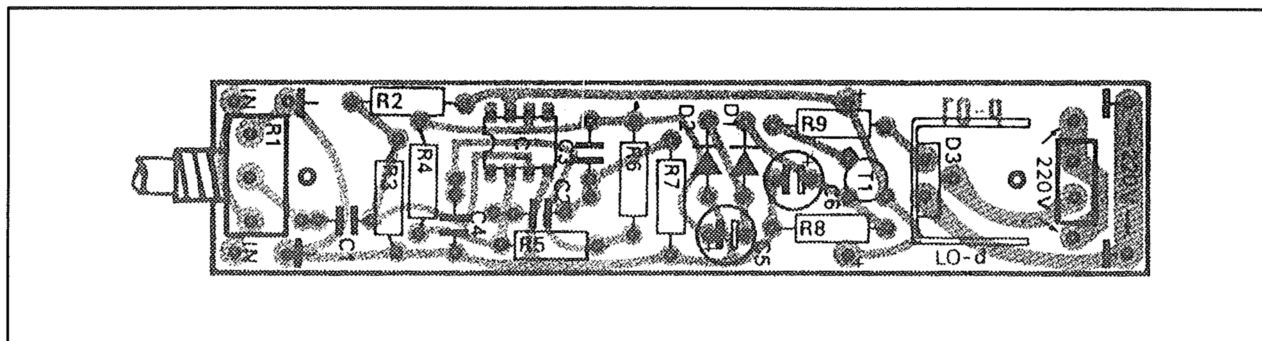
Halfgeleiders:

D1,D2	=	1N4148
D3	=	triac, 400 V, 6 A
T1	=	BC107
IC1	=	741 mini-DIL

Diversen:

1 x koelprofiel voor BD 24...
1 x printkroonsteentje
13 x printsoldeerlipje
2 x afstandsbusje 5 mm
1 x M3x10 boutje

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

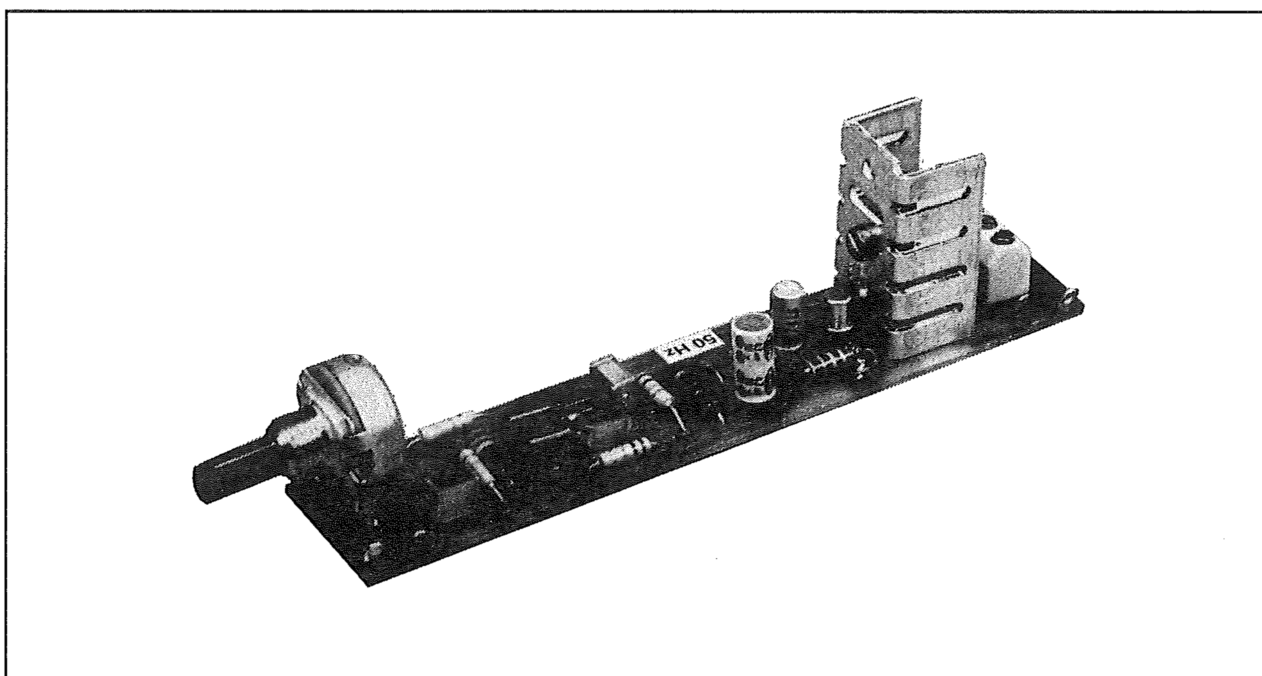


Figuur 4/15.14-18: De componentenopstelling van de eenkanaalsprint.

2 x M3x15 boutje
3 x M3 moertje
1 x knop voor potentiometer

De bouw van de schakeling
De print van het eenkanaals lichtorgel is gecodeerd LO-d en staat in het midden van de transparante pagina. De bestukking volgt uit figuur 4/15.14-18.

Problemen zullen bij de bouw wel niet optreden. Ook hier is een printkroonsteentje gebruikt voor het aansluiten van de lamp. De triac is een kunststof TO-220 type, die op de manier zoals de foto van figuur 4/15.14-19 toont op de print bevestigd wordt. De halfgeleider wordt eerst op een koelprofiel geschroefd en nadien loodrecht op de print bevestigd.



Figuur 4/15.14-19: Een compleet gemonteerde eenkanaalsprint.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

De condensatoren C2, C3 en C4 zijn niet in de onderdelenlijst opgegeven. Dat zijn immers de drie frequentiebepalende elementen. Hun waarde kan berekend worden met de opgegeven formule, maar gemakkelijker is het de tabel van figuur 4/15.14-20 even te bewonderen. Daar vindt men de juiste waarde voor die onderdelen voor verschillende frequenties.

frekwentie	$C_2 = C_3$	C_4
20 Hz	560 nF	1,2 μF
50 Hz	220 nF	470 nF
80 Hz	120 nF	270 nF
100 Hz	100 nF	220 nF
200 Hz	56 nF	120 nF
500 Hz	22 nF	47 nF
800 Hz	12 nF	27 nF
1 kHz	10 nF	22 nF
2 kHz	5,6 nF	12 nF
5 kHz	2,2 nF	4,7 nF
8 kHz	1,2 nF	2,7 nF
10 kHz	1 nF	2,2 nF
15 kHz	680 pF	1,5 nF
20 kHz	560 pF	1,2 nF

Figuur 4/15.14-20: De waarden van de condensatoren C2, C3 en C4 voor verschillende waarden van de centrale frequentie fo.

De pauze-module

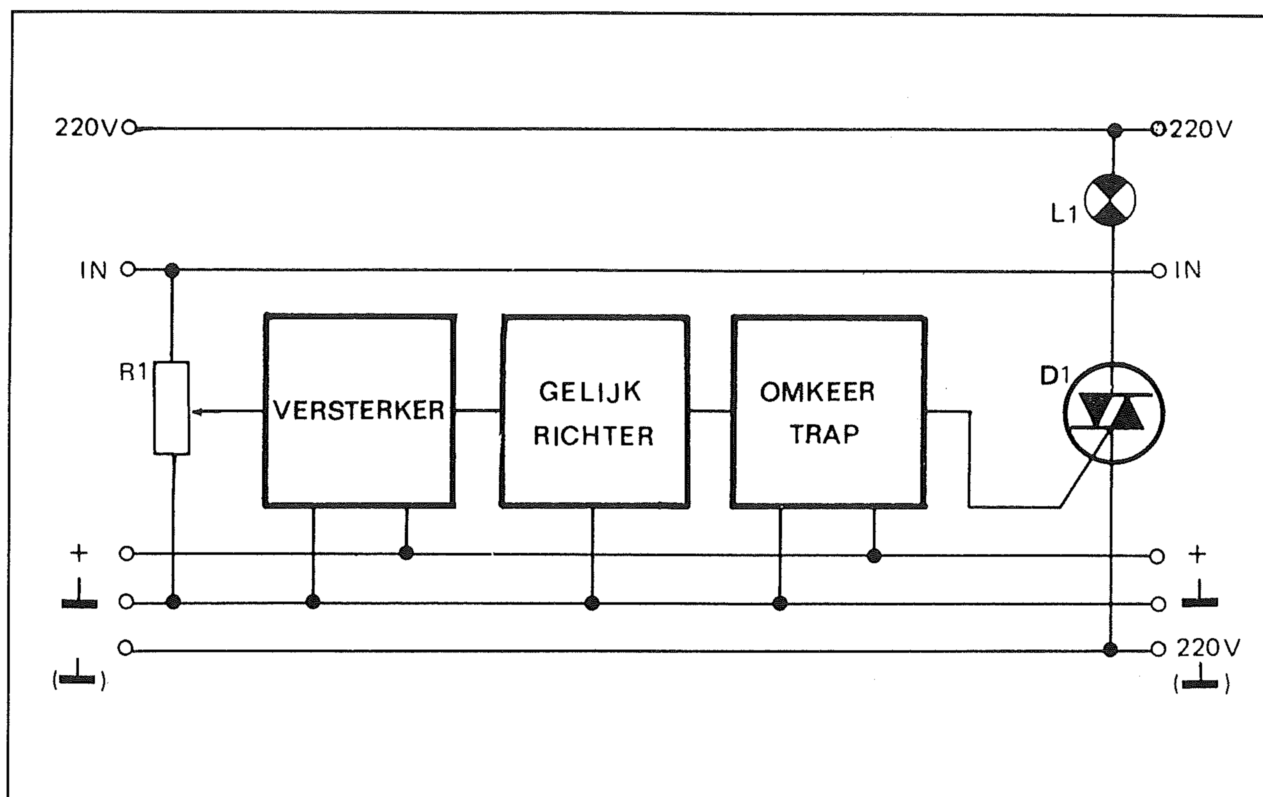
Het principe van de schakeling

De schakeling van deze module moet reageren op het ontbreken van ieder signaal op de ingang. Het zal dus duidelijk zijn dat het niet noodzakelijk is in dit kanaal een frequentie-selectief filter op te nemen. Hoe kan men het ontbreken van een signaal detecteren? Het principiële blokschema van deze handige uitbreiding is getekend in figuur 4/15.14-21. Net zoals bij de normale frequentie-selectieve kanalen, wordt de schakeling vooraf gegaan door een potentiometer voor het instellen van de gevoeligheid. Na deze potentiometer komt een eenvoudige versterker, die in principe gelijk is aan de versterker die gebruikt is in de normale kanaal-prints, maar die uiteraard niet is voorzien van een selectieve terugkoppeling. Op wat voor situatie de triac ook moet reageren, duidelijk is dat hij gestuurd moet worden met een gelijkspanning. Vandaar dan ook, dat de versterkte signaalspanning door middel van een gelijkrichter wordt omgezet in een gelijkspanning, waarvan de grootte recht evenredig is met de amplitude van het ingangssignaal. Als aan de uitgang van die gelijkrichter een signaal aanwezig is, dan betekent dit dat er geluidssignaal aanwezig is en dat een van de normale kanalen zijn lamp zal laten branden. De pauze-print mag dan niet reageren. Vandaar dan ook, dat de uitgang van de gelijkrichter wordt aangeboden aan een omkeertrap, die de gate van de triac stuurt. Als er uitgangsspanning aanwezig is op de uitgang van de gelijkrichter, dan zal de spanning op de uitgang van de omkeertrap nul zijn, zodat de triac niet wordt gestuurd. Als de uitgangsspanning van de gelijkrichter nul is of kleiner dan een bepaalde waarde (zacht volume), dan zal de omkeertrap een uitgangsspanning opwekken, die gebruikt wordt voor het in geleiding sturen van de triac. De lamp zal dan gaan branden.

Het volledig schema

Het volledig praktisch schema van de pauze-uitbreiding is getekend in figuur 4/15.14-22.

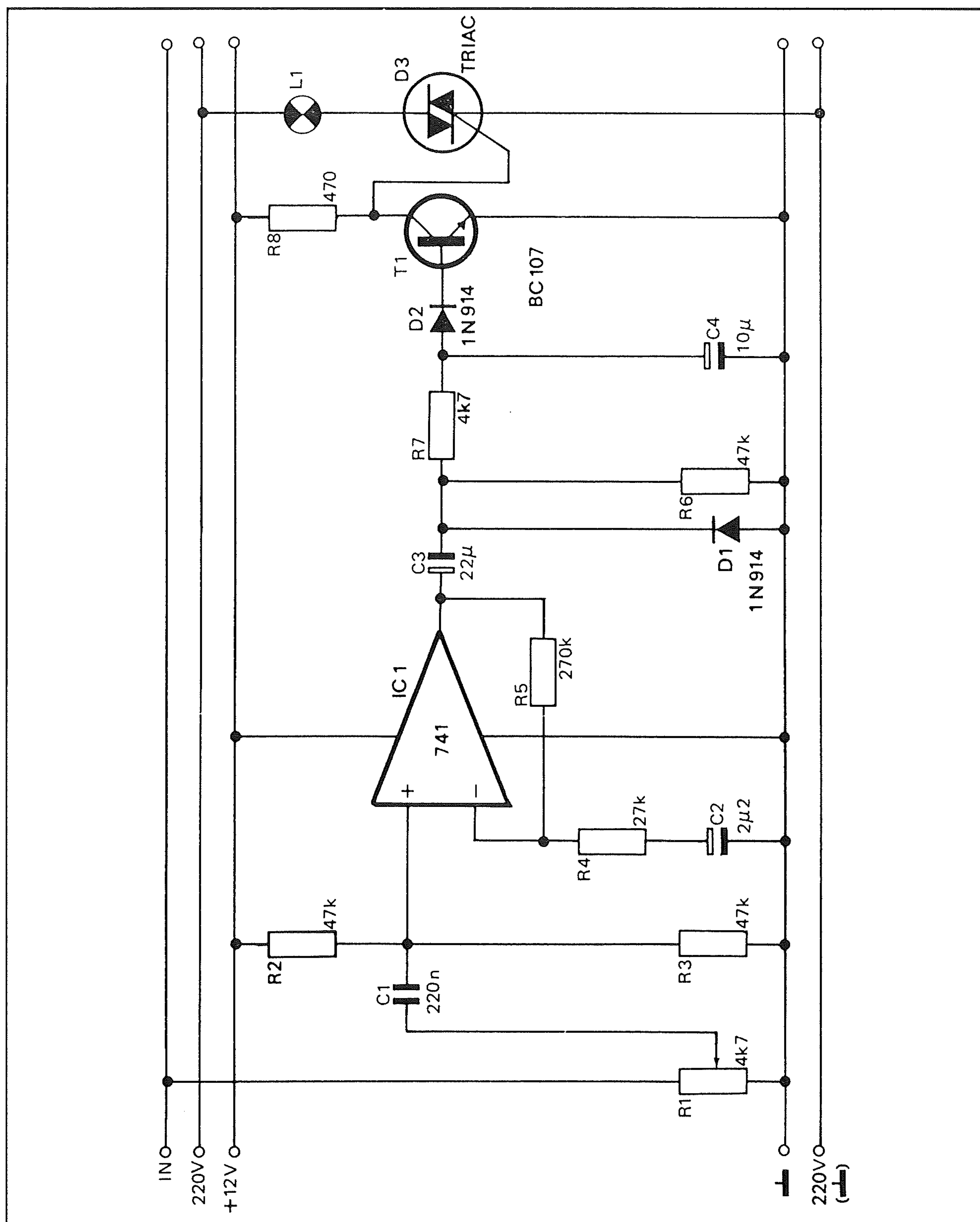
15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-21: Het blokschema van de pauze-module.

Men herkent dezelfde schema-opbouw als bij de eenkanaalsprint, wat niet zo onlogisch is want de print waarop de schakeling een onderdak vindt heeft dezelfde afmetingen als de print voor de selectieve kanalen en bovendien heeft deze print dezelfde aansluitingen op dezelfde plaatsen. De instelling van de op-amp gebeurt op dezelfde wijze als bij de eenkanaalsprint: door middel van een spanningsdeler op de positieve ingang, die deze ingang en dus ook de uitgang van de versterker instelt op de helft van de voedingsspanning. De negatieve ingang is echter heel anders geschakeld. Een deel van het uitgangssignaal wordt door middel van weerstand R5 teruggekoppeld naar deze ingang. Tussen de inverterende ingang en de massa staat bovendien een serieschakeling van een weerstand en een condensator. Wat is de bedoeling van dit netwerk? Voor gelijkspanningen is de versterking van de op-amp gelijk aan 1. De volledige instelspanning op de uitgang van de versterker verschijnt immers ook op de negatieve ingang. De spanningsdeler tussen uitgang en massa, gevormd door R4 en R5, is immers niet actief voor gelijkspanningen. De condensator C2 heeft een oneindig hoge weerstand voor gelijkspanningen! Het tussenschakelen van de elco heeft dus tot gevolg dat de gelijkspanningsinstelling van de trap niet wordt beïnvloed door de terugkoppeling naar de negatieve ingang. Voor signaalspanningen ziet de situatie er heel anders uit. De condensator heeft voor wisselspanning een ten opzichte van de hoge waarde van R4 volkomen te verwaarlozen impedantie. Voor wisselsignalen kan men de condensator dus kortgesloten beschouwen.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-22: Het volledig schema van de pauze-schakeling.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

Het gevolg hiervan is dat nu slechts een klein gedeelte van het uitgangssignaal op de negatieve ingang van de op-amp verschijnt.
Het grootste gedeelte valt immers over de grote weerstand R5. Wil de op-amp zijn levensvisie waar maken, namelijk het spanningsverschil tussen beide ingangen zo klein mogelijk houden, dan zal de uitgangsspanning zoveel maal groter moeten zijn dan de ingangsspanning, als de spanningsdeler R4/R5 het uitgangssignaal verzwakt. Alleen als de versterking van de op-amp de verzwakking van de terugkoppeling opheft, zal de spanning op de negatieve ingang gelijk kunnen zijn aan de spanning op de positieve ingang. Kortom: de op-amp versterkt het ingangssignaal en de mate van versterking wordt bepaald door de verhouding van de weerstanden R4 en R5. Na de versterkertrap volgt de gelijkrichter. Die is iets anders opgebouwd dan zijn naamgenoot bij de eenkanaals-print. Zo werd afgezien van de combinatie van clampkring en topgelijkrichter. De gelijkrichter bestaat nu alleen maar uit een clampkring, opgebouwd uit de condensator C3 en de diode D1. Over de diode D1 ontstaan dus sinusvormige spanningen, die echter niet symmetrisch verlopen ten opzichte van nul, maar waarbij de onderste toppen op gelijkspanningsniveau liggen. Dit signaal, dat wel een gelijkspanning is, wordt afgevlakt door een RC-netwerkje, opgebouwd uit R7 en C4. Voor deze oplossing is gekozen, omdat tussen gelijkrichter en transistor nu wel een stroombegrenzende weerstand opgenomen moet worden, omdat de transistor nu niet als emittervolger geschakeld is, maar als versterkertrap. De functie van top-gelijkrichter wordt nu dus overgenomen door het RC-filter, waarbij de weerstand dan tevens dienst doet als basisweerstand van transistor T1. De omkeertrap wordt gevormd door deze transistor T1. Als er geluidssignaal aan de ingang van de schakeling aanwezig is, dan zal er ook over D1 spanning terug te vinden zijn. Het gevolg is dat er een stroom door R7 in de basis van T1 vloeit (de condensator C4 zorgt voor de nodige afvlakking), zodat deze transistor gaat geleiden. De collector wordt verbonden met massa en dus ook de gate van de triac. De stuurbare diode kan niet geleiden, zodat de op de triac aangesloten lamp gedoofd blijft. Als de ingang echter géén signaal ontvangt, dan zal er ook geen spanning ontstaan over de diode. De transistor spert, zodat de gate van de triac nu via weerstand R8 kan profiteren van de aanwezige voedingsspanning. De stuurbare diode ontsteekt en de lamp zal gaan branden.
Blijft over de verklaring van de noodzaak van de diode D2. Zoals men weet zal een silicium diode eerst gaan geleiden als er over het element een spanning van ongeveer 0,7 V aanwezig is. De tussenschakeling van de diode heeft dus als resultaat dat de spanning over D1 minstens gelijk moet zijn aan de geleidingsspanning van D2, wil er van basisstroom sprake zijn. Met andere woorden: diode D2 heeft tot gevolg dat ook bij kleine ingangsspanningen de lamp die is aangesloten op het pauzekanaal gaat branden. En dat is nu net wat de bedoeling was!

Onderdelenlijst

Weerstanden, 1/4 W, 5 %:

R2,R3,R6	=	47	kΩ
R4	=	27	kΩ
R5	=	270	kΩ
R7	=	4,7	kΩ
R8	=	470	Ω

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module

Potentiometer, lineair:

R1	=	4,7	kΩ	

Condensatoren:

C1	=	220	nF	MKM
C2	=	2,2	µF	16 V print
C3	=	22	µF	16 V print
C4	=	10	µF	16 V print

Halfgeleiders:

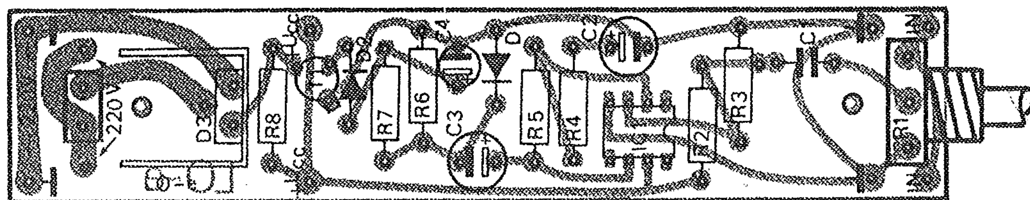
D1,D2	=	1N4148
D3	=	triac, 400 V, 6 A
T1	=	BC107
IC1	=	741, mini-DIL

Diversen:

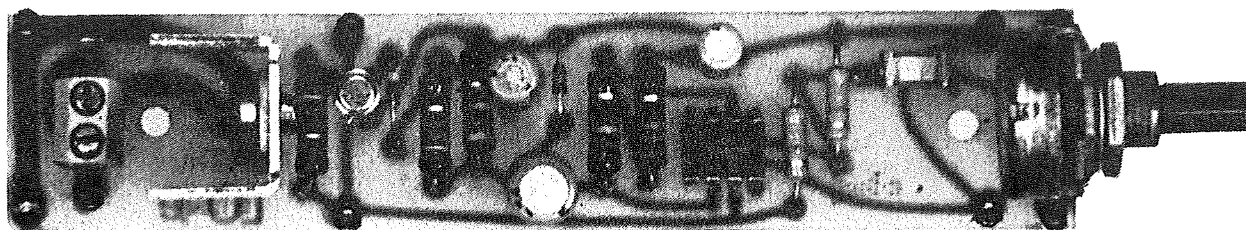
1 x koelprofiel voor BD 24...
1 x printkroonsteentje
13 x printsoldeerlipje
2 x afstandsbusje 5 mm
1 x M3x10 boutje
2 x M3x15 boutje
3 x M3 moertje
1 x knop voor potentiometer

De bouw van de schakeling

De print van de pauze-schakeling, LO-e, is ook weer als onderste print getekend op de folie. De bedrading volgt uit figuur 4/15.14-23.
Eenieder die deze print wil volbouwen, heeft minstens drie LO-d prints onder handen gehad, zodat de bouw van de schakeling geen enkel probleem zal vormen. Voor de triac kan hetzelfde type gebruikt worden dat ook de verschillende eenkanaals-printen siert. De bestukte print kan, net zoals de kanaals-printen, in het lichtorgel-systeem worden opgenomen. De foto van figuur 4/15.14-24 geeft een impressie van de volledig gemonteerde print.

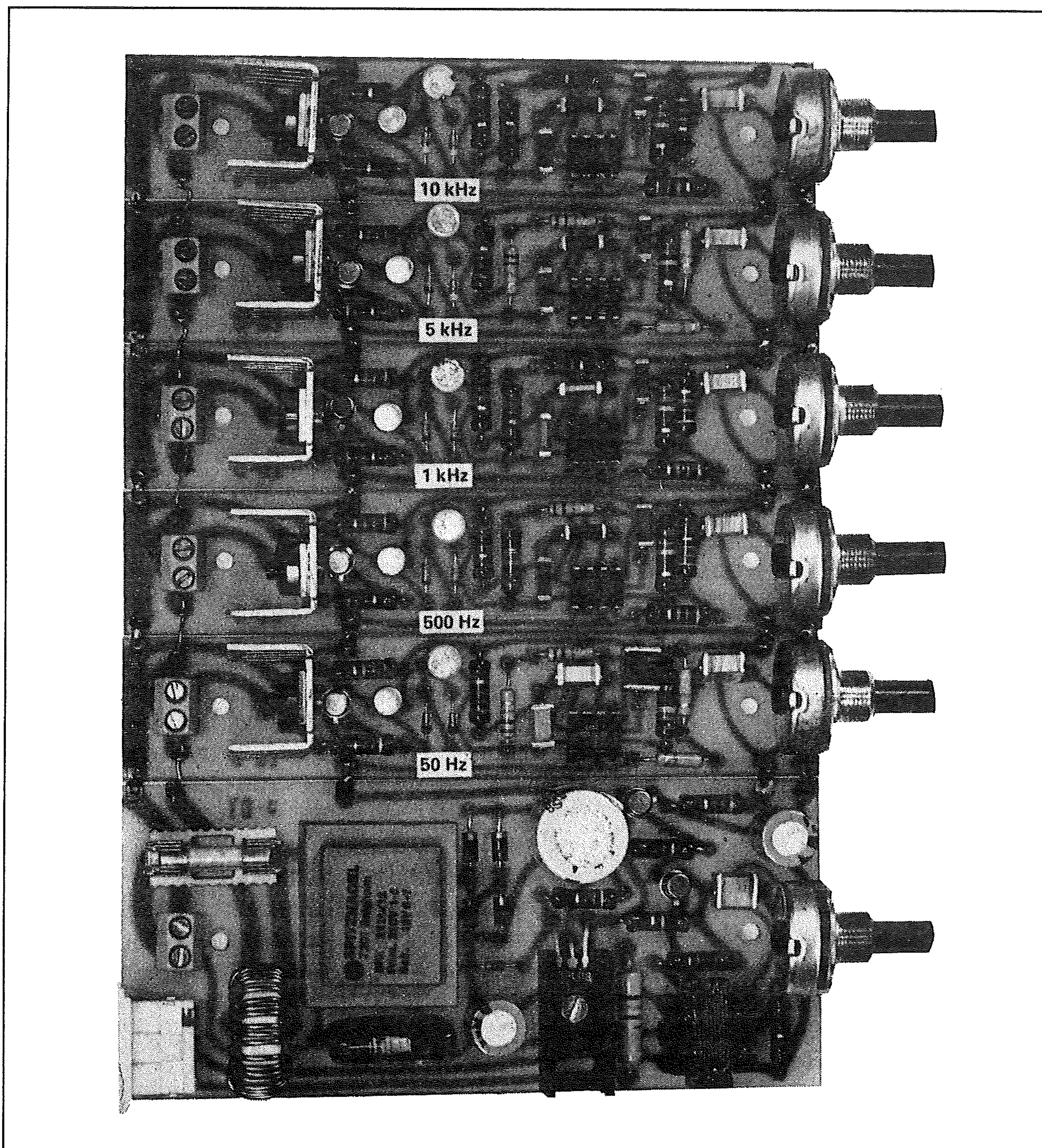


Figuur 4/15.14-23: De componentenopstelling van de pauze-schakeling



Figuur 4/15.14-24: De compleet gemonteerde pauze-print.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-25: Een volledig opgebouwd vijfkanaals lichtorgel met reactie-frequenties van 50 Hz, 500 Hz, 1 kHz, 5 kHz en 10 kHz.

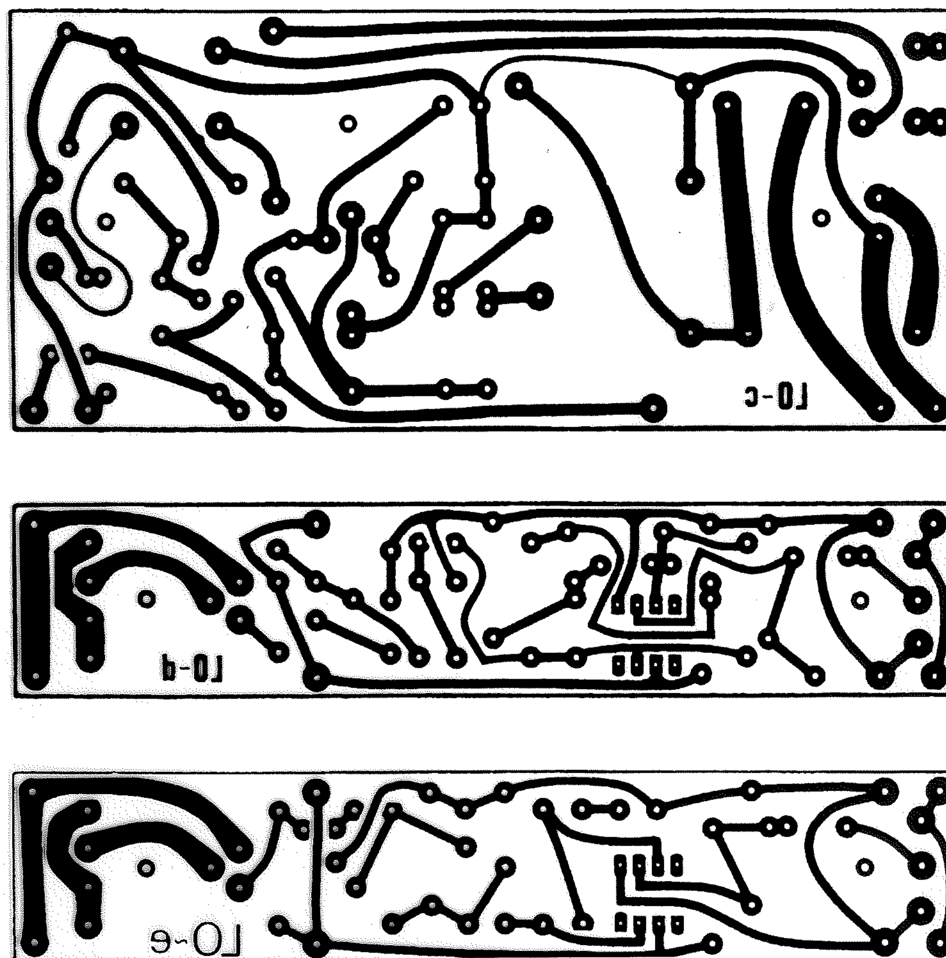
Van printen naar systeem

Samenbouw

Als men het noodzakelijke aantal printjes bestukt heeft, kan men het geheel omvormen tot een werkend lichtorgel. De printjes worden naast elkaar op de bodem van een *kunststof* kastje geschroefd. De in- en uitgangen van de printen liggen dan naast elkaar en kunnen door korte draadjes of klodders soldeer doorverbonden worden. Denk er aan dat, hoewel de schakeling voorzien is van een zekering, het kortsluiten van een lamp onherroepelijk het einde van de betreffende triac betekent. Deze gaat namelijk sneller stuk dan de zekering. Denk er verder aan dat de volledige schakeling rechtstreeks met het net verbonden is en dat men dus niet moet gaan knoeien in een met het net verbonden schakeling. Vandaar dan ook dat het geheel in een kunststof behuizing moet worden ondergebracht en dat geen enkel printspoortje of blank draadje contact mag maken met metalen voorwerpen, zoals bevestigingsschroeven of assen van potentiometers.

De foto van figuur 4/15.14-25 geeft tot slot een indrukwekkende impressie van hoe een vijfkanaals lichtorgel er uit komt te zien.

15.14 Modulair lichtorgel met onbeperkt aantal kanalen en pauze-module



Figuur 4/15.14-8: De drie printen van het lichtorgel.

4/15.15

Knipperlicht centrale voor 12 V halogeen lampen

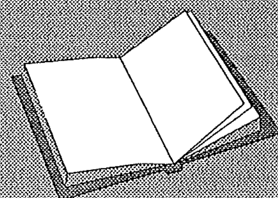
Inleiding

Halogeen lampen zijn, vanwege hun grote lichtopbrengst, ideale lampen voor het genereren van lichteffecten. Vaak kan men een halogeen lamp gebruiken als vervanger van een stroboscoop, die steeds werkt met een flitsbuis met een beperkte levensduur. Bovendien worden halogeen lampjes vaak al aangeboden inclusief reflector en filterraam, zodat men bijzonder weinig moet doen om een mooi disco-effect te verkrijgen. Halogeen lampen vreten echter stroom bij het inschakelen en bij het branden en de elektronica moet daar terdege rekening mee houden. Gelukkig zijn er tegenwoordig vrij goedkope MOSFET's verkrijgbaar, die een zeer lage AAN-weerstand hebben en die dus de grote lampstromen gemakkelijk kunnen schakelen en verwerken zonder bloedheet te worden. Astabiele multivibratoren zijn er uiteraard in overvloed, zodat de volledige knipperlicht centrale zegge en schrijve met zeven onderdelen samengesteld kan worden! Toch kan de schakeling een totaal lampvermogen van 80 W aansturen, met een verliesvermogen van slechts 0,5 W in de MOSFET. Zelfs bij dergelijke grote vermogens is koeling dus niet noodzakelijk.

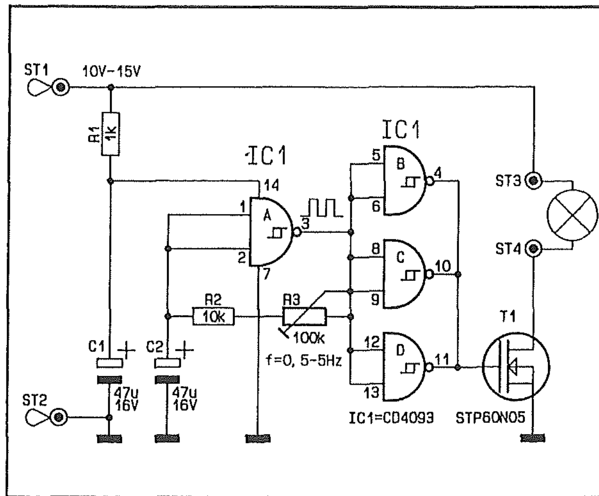
Het schema

Het volledig schema van deze knipperlicht centrale wordt voorgesteld in figuur 4/15.15-1. Als oscillator wordt gebruik gemaakt van één poort uit een CD4093. Dit IC bevat vier AND-poorten met Schmitt-trigger werking en dank zij deze werking zijn deze poorten heel gemakkelijk als astabiele multivibrator in te zetten. Het werkingsprincipe van een dergelijke astabiele multivibrator is getekend in figuur 4/15.15-2. De twee ingangen van de poort worden met elkaar verbonden. Deze punten gaan enerzijds via een condensator C naar de massa en anderzijds via een weerstand R naar de uitgang. De werking berust op het gegeven dat een Schmitt-trigger een zogenaamde "hysteresis" heeft. De schakeling werkt als inverterende poort. Als men de ingangsspanning van 0 V laat stijgen zal de uitgang "H" zijn totdat de spanning op de ingang een bepaalde drempel V_2 overschrijdt. Deze spanning wordt gezien als "H", het gevolg is dat de uitgang "L" wordt.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/9.3
Hoofdstuk 4/2.4

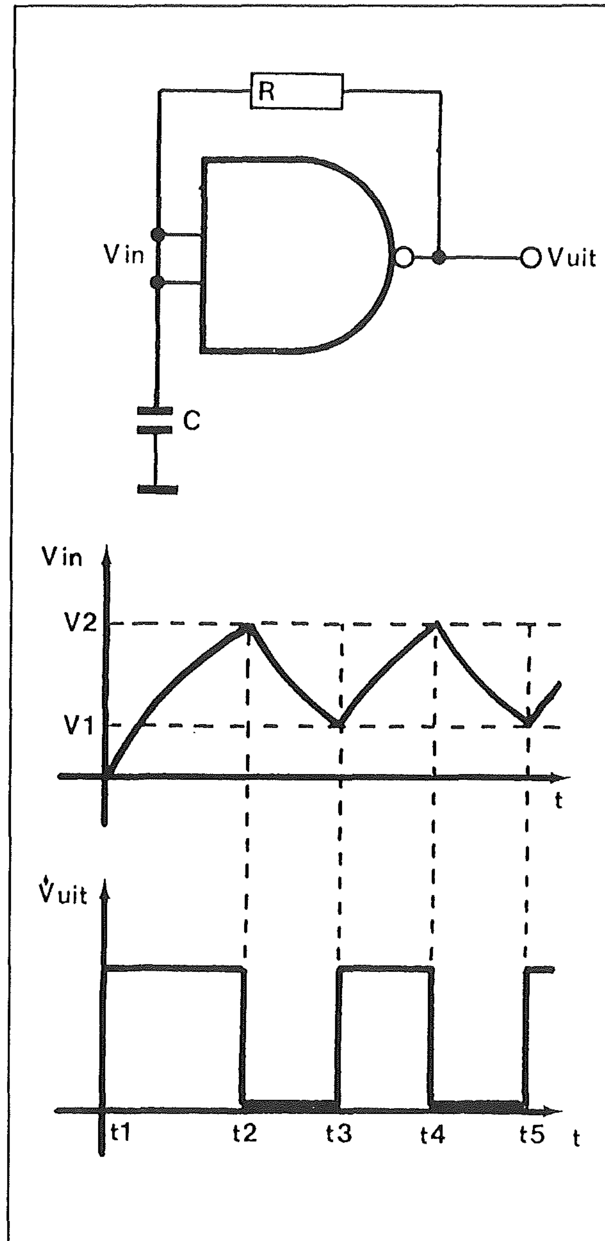


15.15 Knipperlicht centrale voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.15-1: Het volledig schema van de knipperlicht centrale.

Als men nadien echter de ingangsspanning weer laat dalen, blijft de uitgang "L" totdat een tweede kleinere drempel V_1 wordt bereikt. Op dat moment klapt de poort om en de uitgang wordt weer "H". Het spanningsverschil tussen de twee drempels noemt men de "hysteresis" van de schakeling. De twee externe onderdelen R en C vormen een integrator, die de uitgangsspanning integreert en het resultaat van deze bewerking aan de ingang aanbiedt. Als de uitgang "H" is, zal de condensator door de weerstand worden opgeladen. De condensatorspanning kan stijgen tot de bovenste drempel V_2. Op dat moment klapt de schakeling om. De uitgang wordt "L" met als gevolg dat de condensator nu gaat ontladen via de weerstand. De condensatorspanning gaat dalen totdat de onderste drempel V_1 bereikt wordt. De uitgang wordt nu weer "H", het proces gaat zich nu herhalen. Op de uitgang van de poort verschijnt dus een blokvormig signaal, dat heen en weer slingert tussen de massa "L" en de normale hoge uitgangsspanning "H" van de poort. De frequentie van dit signaal wordt bepaald door de waarde van de tijdconstante van de integrator. Hoe hoger R en C, hoe lager de frequentie.



Figuur 4/15.15-2: De werking van een Schmitt-trigger poort als astabiele multivibrator.

Terug nu naar het schema van figuur 4/15.15-1. De frequentie van de astabiele multivibrator wordt hier ingesteld met behulp van de weerstanden R2 en R3 en de

15.15 Knipperlicht centrale voor 12 V halogeen lampen

condensator C2. Met de geselecteerde componentenwaarde kan men de knipperfrequentie instellen tussen 0,5 Hz en 5 Hz. De drie overige poorten van de CD4093 zijn parallel geschakeld. In tegenstelling tot TTL, waar dergelijke grappen onverbiddelijk worden afgestraft, kan men dit bij CMOS zonder problemen doen. De uitgang van de eerste poort, waar het blokvormige signaal op staat, is rechtstreeks verbonden met de zes parallel geschakelde ingangen van de overige drie poorten. De drie parallel geschakelde uitgangen sturen rechtstreeks de gate van de POWERMOSFET T1. De halogeen lamp kan rechtstreeks aangesloten worden tussen de positieve voedingsspanning en de transistor. Zoals reeds geschreven dissipeert de FET maximaal 0,5 W vermogen, de daaruit volgende warmte kan gemakkelijk via het eigen koelplaatje van de halfgeleider afgevoerd worden. De voeding voor het IC wordt via een ontkoppelend netwerkje R1/C1 afgeleid uit de voedingsspanning van de halogeen lamp.

De praktijk
De voedingsaansluitingen van de print, ST1 en ST2, kunnen rechtstreeks verbonden worden met een ongestabiliseerde gelijkspanning die maximaal 15 V mag bedragen. Hier moet wél goed op gelet worden! Wil men de schakeling maximaal belasten, dan moet de voeding in staat zijn een spanning van 12 V te leveren bij een stroom van meer dan 5 A. Dergelijke ongestabiliseerde voedingen vertonen vaak een groot verschil tussen de uitgangsspanning in onbelaste toestand en de spanning in belaste toestand.
De CD4093 mag echter met niet meer dan 15 V gevoed worden. Is men er niet absoluut zeker van dat de uitgangsspanning van de gebruikte voeding in onbelaste toestand onder deze waarde blijft, dan zal men moeten overgaan tot een vorm van stabilisatie of, wat natuurlijk ook kan, de CD4093 uit een afzonderlijke spanning van +15 V voeden.
De aansluitlipjes ST3 en ST4 worden verbonden met de halogeen lamp(en).

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %
R1 .... 1 kΩ
R2 .... 10 kΩ

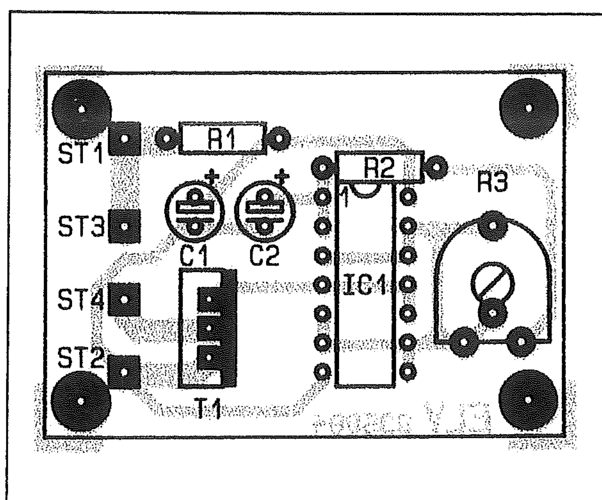
INSTELPOTENTIOMETER, LIGGEND, PT10
R3 .... 100 kΩ

CONDENSATOREN
C1,C2 .... 47 µF 16 V printelco

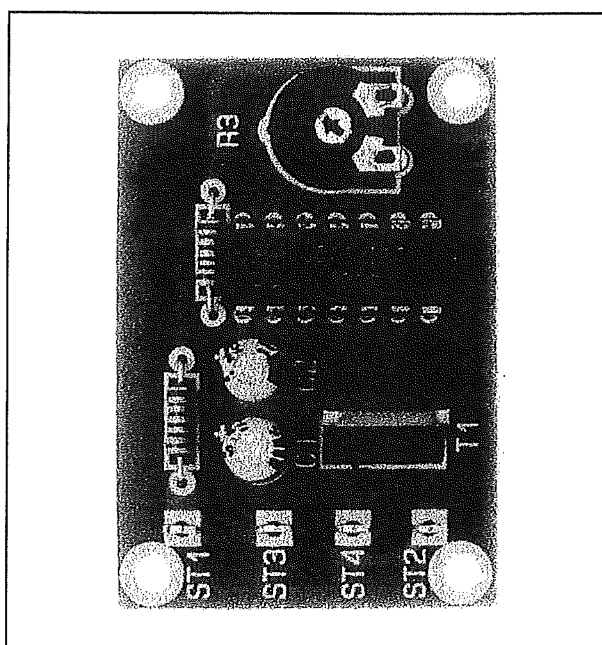
HALFGELEIDERS
T1 .... STP60N05
IC1 .... CD4093

DIVERSEN
4 x printsoldeerlipje

15.15 Knipperlicht centrale voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.15-4: De componentenopstelling van de print.



Figuur 4/15.15-5: Het compleet gemonteerde printje.

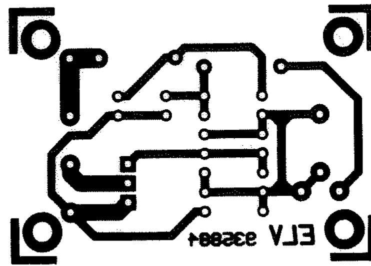
De bouw van de schakeling

De knipperlicht centrale kan ondergebracht worden op het kleine printje, getekend in figuur 4/15.15-3 op de transparante pagina. De componentenopstelling volgt uit figuur 4/15.15-4. Over de bouw valt werkelijk niets interessants op te merken, zodat na tien minuutjes het resultaat van figuur 4/15.15-5 te aanschouwen valt.

Bouwpakket informatie

Als extra service aan de nabouwers van deze ELV-schakeling kan nog vermeld worden dat deze knipperlicht centrale in diverse onderdelenzaken leverbaar is als compleet bouwpakket. De samenstelling van dit bouwpakket, inclusief de print, wordt verzorgd door de firma Binell B.V., Postbus 83, 7440 AB Nijverdal, telefoon 0548-617.475, fax 0548-612.678. Het bouwpakket wordt geleverd onder de bestelcode 14428. Op het genoemde adres kan men alle nodige informatie krijgen over prijzen en verkoopadressen. Ook de firma DIL, telefoon 010-485.42.13, is tegenwoordig leverancier van de ELV-ontwerpen.

15.15 Knipperlicht centrale voor 12 V halogeen lampen



Figuur 4/15.15-3: De print van de schakeling.

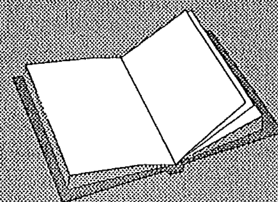
4/15.16

Snelstarter voor TL-lampen

Inleiding

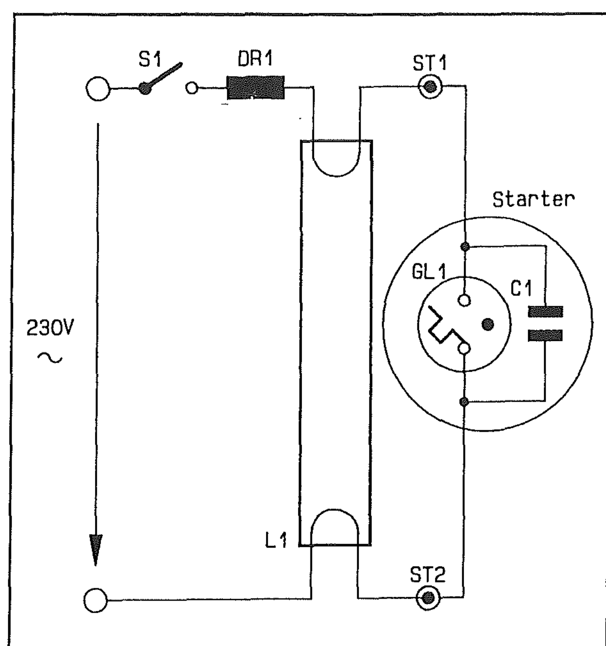
Ondanks de snelle evolutie in de technologie, kan men rustig stellen dat TL-starters nauwelijks geëvolueerd zijn. Het zijn nog steeds van die eenvoudige en goedkope onderdeeltjes, die echter voortdurend stuk gaan en een TL-armatuur van *f* 50,00 volledig lam kunnen leggen! In figuur 4/15.16-1 is de principiële werking van een niet-elektronisch gestuurde TL-buis getekend. Als de schakelaar S1 gesloten wordt, wordt de 230 V wisselspanning via de smoorspoel DR1 en de twee gloeidraden van de TL-balk aan de starter aangeboden. Dit onderdeel bestaat uit een klein gasgevuld buisje GL1 en een condensator C1. Door de grote spanning over het buisje gaat dit ontsteken. Er ontstaat een gasontlading, die energie levert, waardoor het buisje opwarmt. In het buisje is echter een bimetalen contact aanwezig. In koude toestand maken de twee contacten van deze schakelaar geen contact. De stroom door de keten wordt dan begrensd door de inwendige weerstand van het buisje. Warmt het buisje door deze stroom op, dan gaan de contacten krom trekken door de warmte en na een paar seconde wordt het contact gesloten. Het gevolg is dat de stroom door de kring opeens sterk gaat stijgen. De piekstroom wordt alleen begrensd door de impedantie van de smoorspoel DR1. De gloeidraden van de TL-balk worden doorlopen door de grote stroom en warmen flink op. Hierdoor worden vrije elektronen uitgestoten, die de basis vormen van de gasontlading die in de TL-balk moet tot stand komen. Door het sluiten van het bimetalen contact in de starter valt echter de gasontlading in het buisje GL1 weg. Dit koelt af met als gevolg dat de bimetalen contactlippen zich weer gaan strekken en het contact verbroken wordt. Op dat moment valt de stroom dus weer terug naar een veel kleinere waarde. De smoorspoel verzet zich echter tegen het wegvallen van de grote stroom door het genereren van een grote tegen-elektromotorische kracht "temk". Deze grote spanning staat natuurlijk over de TL-balk, met als gevolg dat de kans bestaat dat de vrijgekomen elektronen uit de gloeidraad zich zo snel door de buis gaan verplaatsen dat zij in staat zijn het gas in de buis te ioniseren. Men zegt dan dat de TL-buis ontsteekt.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/8.6
Hoofdstuk 4/15.2
Hoofdstuk 4/15.4
Hoofdstuk 4/15.11



15.16 Snelstarter voor TL-lampen

De spanning over de ontstoken TL-buis is vrij laag, met als gevolg dat een groot deel van de netspanning over de smoorspoel valt. De impedantie van de spoel zorgt er nu verder voor dat de stroom op een veilige waarde begrensd wordt, zodat de TL-buis zichzelf niet kan vernietigen.



Figuur 4/15.16-1: De werking van een traditionele TL-starter.

Het beschreven ontsteekproces gaat uit van de ideale situatie dat de TL-buis ontsteekt bij de allereerste contactonderbreking van de bimetalen schakelaar in de starter. In de praktijk zal deze ideale situatie maar zelden voorkomen. In de meeste gevallen zal de starter diverse keren zijn bimetalen schakelaar moeten onderbreken om de gasontlading in de TL-buis echt goed op gang te brengen. Het gevolg is bekend: TL-balken knipperen soms seconden lang hinderlijk bij het inschakelen van de netspanning en soms wil het zelfs helemaal niet lukken om de buis tot ontsteking te brengen. Het bimetalen contact in de starter wordt dan om de seconde weer gesloten en geopend en bij iedere opening wordt even de grote "temk" van de smoorspoel over de TL-buis gezet. De spanning zorgt even voor een gasontlading door de buis, deze licht even op, maar dooft dan weer omdat het proces niet op gang wil komen.
Het aantal startpogingen hangt van een heleboel factoren af, zoals:
- de omgevingstemperatuur;
- de ouderdom van de TL-buis;
- de vochtigheid van de lucht;
- het moment van ontsteekpoging in de periode van de netsinus.

De levensduur van een TL-buis

Men zegt wel eens dat TL-buizen het eeuwige leven hebben. Niets is echter minder waar! Gloeilampen hebben een levensduur van 1.000 tot 2.000 branduren, afhankelijk van het aantal keren dat de lamp wordt ontstoken en van de beschikbare koeling rond de ballon. TL-buizen gaan veel langer mee, gemiddeld 6.000 tot 8.000 uur, maar deze levensduur is bij dit soort buizen echter afhankelijk van het aantal keren dat de buis wordt ontstoken. TL-buizen die voortdurend branden gaan wel 30.000 uur mee! Het zal dus duidelijk zijn dat het ontsteken van een TL-buis erg "ongezond" voor het onderdeel is. Dit valt te verklaren uit het feit dat een traditionele TL-starter een volledig ongecontroleerd onderdeel is. In feite houdt de TL-starter absoluut geen rekening met de conditie van de TL-buis. Er wordt gestart op het moment dat het bimetalen contact weer opent.
De vraag of de netspanning op dat moment wel maximaal is (geeft grote ontsteekspanning over de TL-buis) en of de

15.16 Snelstarter voor TL-lampen

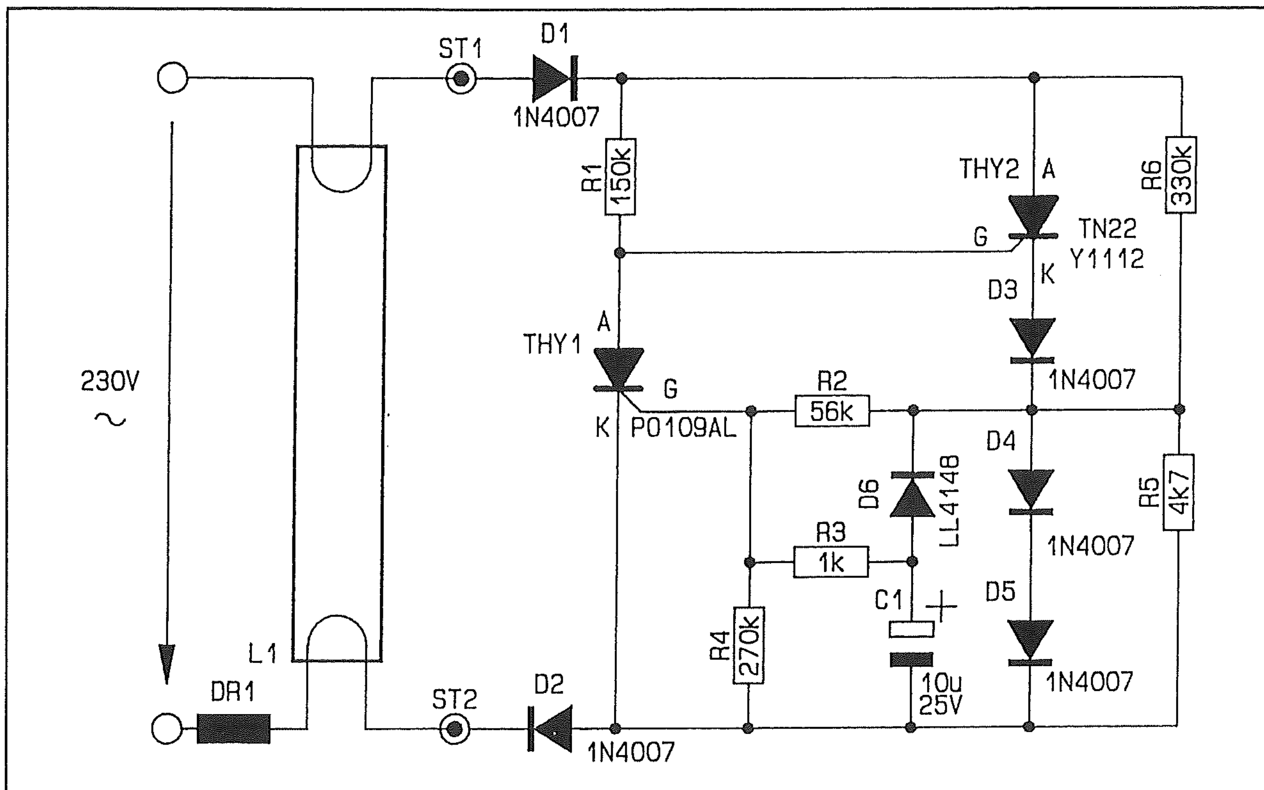
gloeidraden wel voldoende zijn opgewarmd (geeft een grote wolk vrije elektronen die in de buis versneld kunnen worden) komt helemaal niet aan de orde. Door het starten op de verkeerde momenten word de levensduur van de buis zelfs verkort. De herhaaldelijke grote ontsteekspanningen, die over de gloeidraden word gezet, wekken in de buis elektrodynamische krachten op, die de coating van de gloeidraden langzaam maar zeker kunnen beschadigen en laten afbrokkelen. Hierdoor zullen de gloeidraden minder vrije elektronen uitzenden, waardoor de TL-buis nog moeizamer start en de degeneratie steeds in sneller tempo plaats vindt.
Kortom, de traditionele TL-starter is een alles behalve ideale partner voor de TL-buis!

Elektronisch ontsteken
De technologie om een TL-buis op een elektronische manier te laten ontsteken is niet nieuw. Het is echter nog niet zo lang mogelijk het aantal noodzakelijke onderdelen zo sterk te reduceren, dat het geheel in de behuizing van een traditionele starter past. De in dit hoofdstuk beschreven schakeling bestaat uit slechts 15 componenten. Door gebruik te maken van SMD-technologie past het geheel op een printje van 2,7 bij 1,7 cm^2, zodat de schakeling in de standaard behuizing van een TL-starter ingebouwd kan worden. Een en ander heeft wél tot gevolg dat de nabouw niet eenvoudig is en men heel nauwkeurig moet kunnen werken.
Enige ervaring met het behandelen en solderen van SMD-weerstanden is zonder meer aanbevolen. Ook het maken van het printje heeft alleen succes als men uiterst nauwkeurig te werk gaat en de door de fabrikant van het printmateriaal opgegeven belichtings- en ets-tijden precies aanhoudt.

Eigenschappen
De in dit hoofdstuk beschreven schakeling werd in 1993 ontwikkeld in het ELV-laboratorium in het kader van een groot industrieel bezuinigingsproject en werd meer dan 10.000 keer nagebouwd en in grote fabriekshallen ingebouwd in even zovele TL-armaturen.
Men kan dus zonder meer stellen dat de schakeling op- en-top betrouwbaar werkt!
De eigenschappen van de elektronische starter kunnen als volgt samengevat worden:
- geschikt voor TL-buizen van 18 W tot 125 W;
- geschikt voor bedrijfstemperaturen van -25 °C tot +50 °C;
- gegarandeerde snelstart in minder dan 300 ms;
- verhogen van de gloeistroom tot ongeveer 1,4 x de normale waarde;
- gemiddelde verdubbeling van de levensduur van de TL-buis;
- automatische detectie van defecte TL-buizen, waarbij herhaalde ontstekingspogingen worden onderdrukt en de TL-buis dus niet gaat knipperen.

Het schema
Het schema van de elektronische TL-ontsteking is getekend in figuur 4/15.16-2.
Tussen de klemmen ST1 en ST2 wordt in de traditionele situatie de TL-starter opgenomen.
Hart van de schakeling is de thyristor THY2. Deze halfgeleider werd speciaal voor dergelijke toepassingen ontwikkeld en kan dan ook onder geen enkele conditie door een andere thyristor vervangen worden!

15.16 Snelstarter voor TL-lampen



Figuur 4/15.16-2: Het schema van de elektronische TL-ontsteking.

De TN22 is een Darlingtongekoppelde thyristor met een zeer grote gevoeligheid en een speciale ontsteekkarakteristiek. De ontsteekstroom die in de gate moet vloeien bedraagt slechts 2 mA en de ontsteekstroom bedraagt meer dan 175 mA. Daarnaast bevat het onderdeel een geïntegreerde avalanche zenerdiode met een zenerspanning van 1.200 V tot 1.500 V en een piekbelasting van niet minder dan 300 W.

Na het aanleggen van de voedingsspanning staat tussen de klemmen ST1 en ST2 de volle netspanning. De dioden D1 en D2 zorgen ervoor dat de rest van de schakeling alleen gevoed wordt door de positieve halve sinussen van de netspanning. De thyristor THY2 ontvangst gatestroom via de weerstand R1 en gaat gedurende iedere positieve halve sinus van de netspanning naar geleiding. Het is deze halveperiode werking die verantwoordelijk is voor het verhogen van de gloeistroom door de gloeidraden van de TL-buis. Dit lijkt in eerste instantie merkwaardig. Immers: als alleen de halve perioden van de netspanning ter beschikking staan lijkt het voor de hand liggend dat de gemiddelde stroom door de gloeidraden lager wordt. Het element dat verantwoordelijk is voor het stijgen van de stroom is de smoorspoel DR1. Omdat de schakeling alleen stroom trekt gedurende de halve perioden van de netspanning vloeit er een gemiddelde gelijkstroom door deze spoel. Deze is daar in feite niet op gebouwd, met als gevolg dat de kern van de spoel onmiddellijk in magnetische verzadiging wordt gestuurd. Het gevolg is dat de zelfinductie van de spoel aanmerkelijk daalt en daar-

15.16 Snelstarter voor TL-lampen

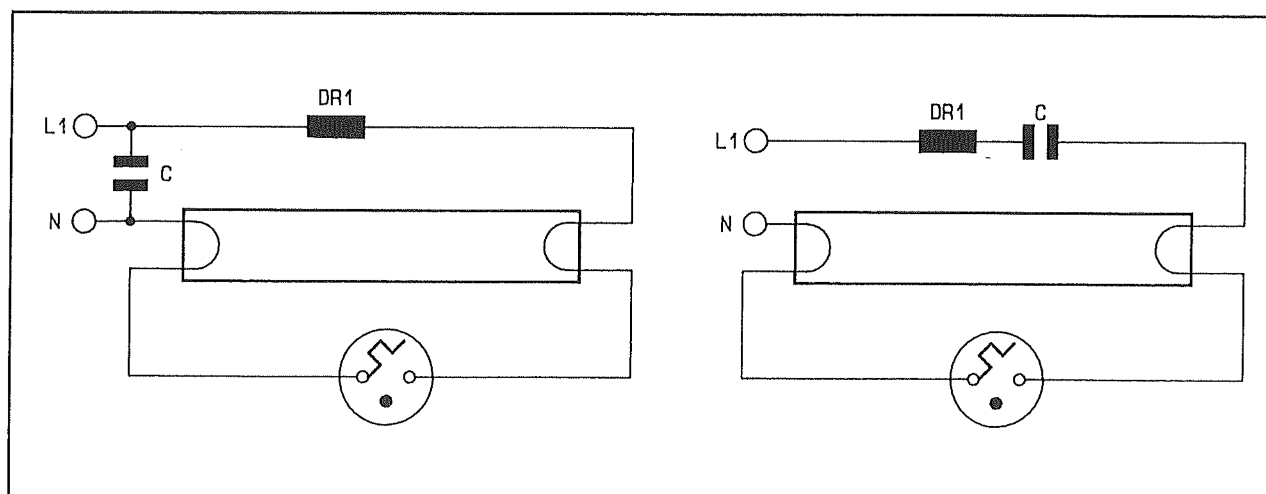
door ook haar impedantie. Er staat dus minder impedantie in de stroomkring, met als gevolg dat de gloeidraden door een grote stroom worden doorlopen. Er worden veel vrije elektronen de ruimte van de TL-buis in geblazen, een zeer gunstige voorwaarde voor een snelle ontsteking van de buis. Maar hoe gaat dit ontsteekproces in zijn werk? Als de thyristor THY2 geleidt valt er over de dioden D4 en D5 een spanning van ongeveer 2 V. De elco C1 word via de weerstanden R2 en R3 tot deze spanning opgeladen. Na ongeveer 300 ms is de condensator zover opgeladen dat de thyristor THY1 via R3 ontstoken wordt. Dit heeft tot gevolg dat de gatespanning van THY2 van ongeveer 4 V terug valt naar ongeveer 1 V. De gate wordt hierdoor negatiever dan de kathode, met als gevolg dat het onderdeel naar sper schakelt als de stroom er doorheen onder de houdwaarde van ongeveer 20 mA valt. Dat gebeurt op het moment dat de sinusspanning gedaald is tot een waarde, die deze stroom tot gevolg heeft. Op dat moment gaat de thyristor THY2 naar sper, met als gevolg dat de stroom door de kring opeens terug valt naar nul. Deze actie is te vergelijken met het openen van de bimetaal schakelaar in de traditionele TL-starter.
De smoorspoel DR1 zal zich verzetten tegen het wegvallen van de stroom en wekt een grote tegen-elektromotorische kracht op. Deze "temk" wordt door de avalanche diode in THY2 begrensd tot 1.200 V á 1.500 V. Deze grote spanning komt tussen de gloeidraden van de TL-buis te staan. Deze buis zal nu onmiddellijk ontsteken, omdat door de verhoogde temperatuur van de gloeidraden er veel vrije elektronen in de buis aanwezig zijn en omdat het moment waarop de buis tot ontsteking wordt gedwongen volledig gedefinieerd is door het moment waarop THY2 naar sper wordt gestuurd.
Als de TL-buis ontstoken is wordt de elco C1 snel ontladen via de laagohmige weerstand R5 en de diode D6. De schakeling is nadien klaar voor een volgende actie.

Het gebruik van de schakeling
Zoals reeds geschreven, kan de elektronische starter zonder meer de plaats innemen van een traditionele starter, waarbij TL-buizen van 18 W tot 125 W aangestuurd kunnen worden. Bij het inschakelen van de TL-buis zal de smoorspoel iets meer zoemen dan gebruikelijk. Dit is natuurlijk een gevolg van de voeding via het halve-sinus systeem, waardoor er veel meer stroom door de smoorspoel vloeit. Bij een 40 W armatuur werd een effectieve inschakelstroom van 970 mA gemeten. Men zou zich de vraag kunnen stellen of deze hogere stroom niet gevaarlijk is voor de gloeidraden van de TL-buis. Experimenten, waarbij de gloeidraden gedurende één uur met een dergelijke stroom gevoed werden, hebben aangetoond dat een normale TL-buis dit zonder meer aankan.

ATTENTIE!
Compensatie van TL-armaturen
In het gewone huishouden worden niet zo veel TL-armaturen gebruikt en kan men zonder compensatie werken. Op een groep van 16 A kan men echter 10 tot 15 TL-armaturen schakelen, die vanwege de uitstekende eigenschappen van de schakeling dan allemaal gelijktijdig zullen inschakelen. Bij dergelijk grootgebruik van TL-armaturen word het noodzakelijk compensatieschakelingen toe te passen. Vanwege de smoorspoel bestaat er namelijk een faseverschuiving tussen de netspanning en de stroom die door een TL-

15.16 Snelstarter voor TL-lampen

armatuur vloeit. Vandaar dat het opgenomen vermogen niet eenvoudigweg berekend kan worden met de formule:
$P = U_{eff} * I_{eff}$
maar dat men rekening moet houden met de cosφ van de schakeling. Hierdoor wordt een bepaald zogenoemd "blindvermogen" gedefinieerd, dat ontstaat vanwege de faseverschuiving tussen spanning en stroom. Als men heel veel TL-armaturen gebruikt stelt de elektriciteitsmaatschappij de eis dat de faseverschuiving tussen spanning en stroom gecompenseerd moet worden. Het komt er op neer de faseverschuiving die ontstaat op te heffen door het introduceren van een identieke faseverschuiving in tegengestelde zin. Hiervoor kan men een condensator gebruiken. Zoals blijkt uit figuur 4/15.16-3 kan men zowel parallel als serieel compenseren door per TL-armatuur een condensator in de schakeling op te nemen. De faseverschuiving, die door de smoorspoel wordt geïntroduceerd, wordt door de condensator aangevuld met een faseverschuiving in de omgekeerde richting, zodat beide faseverschuivingen elkaar compenseren.
Bij dit compenseren is een belangrijke opmerking op zijn plaats. In de meeste gevallen wordt de rechts getekende seriële compensatie toegepast. De beschreven elektronische starter ***werkt echter niet*** bij deze vorm van compensatie! De in serie geschakelde condensator verhindert immers dat er een gelijkstroom door de schakeling gaat vloeien en dat vloeien van gelijkstroom is nu nét het principe waarmee de schakeling werkt! Vandaar dat als men deze elektronische starter in gecompenseerde omgevingen wil toepassen (winkel- en kantoorruimte) men eerst moet kijken wat voor soort compensatie is toegepast. Heeft men de compensatie serieel geïnstalleerd dan moet men, per armatuur, omschakelen naar parallel of moet men traditionele TL-starters blijven gebruiken.



Figuur 4/15.16-3: Het compenseren van TL-armaturen.

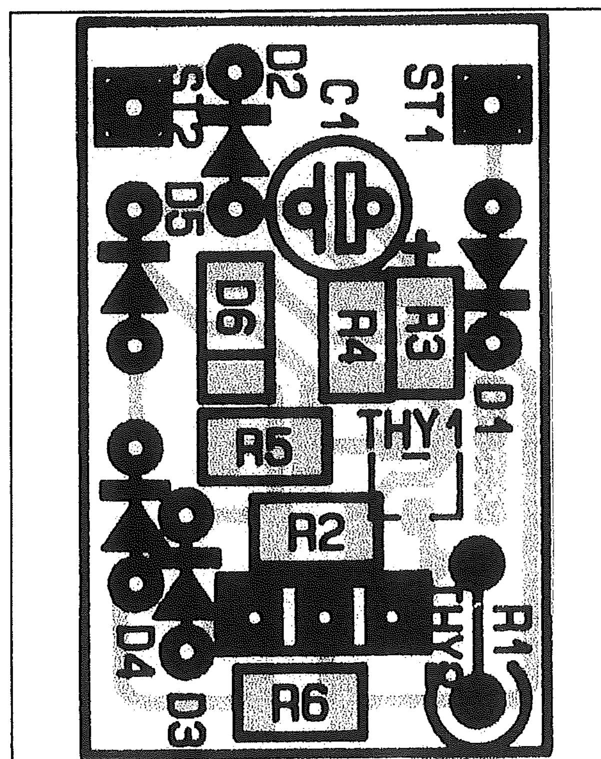
15.16 Snelstarter voor TL-lampen

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, SMD-UITVOERING	
R2	56 kΩ
R3	1 kΩ
R4	270 kΩ
R5	4,7 kΩ
R6	330 kΩ
WEERSTAND, 1/4 W, 5 %	
R1	150 kΩ
CONDENSATOR	
C1	10 µF 25 V printelco
HALFGELEIDERS	
D1-D5	1N4007
D6	1N4148, SMD-uitvoering
THY1	PO109AL, SMD-uitvoering
THY2	TN22

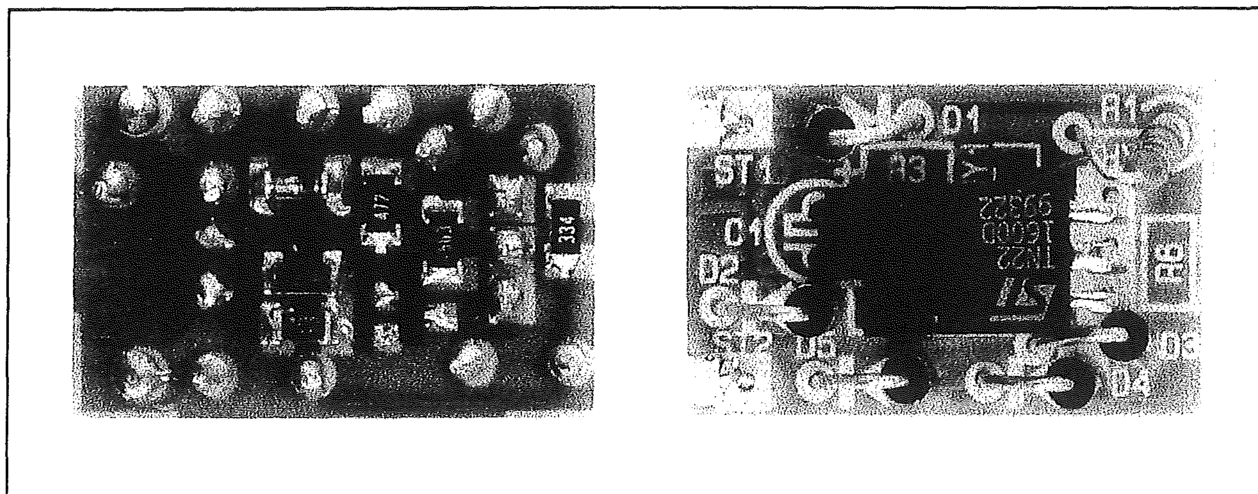
De bouw van de schakeling

De schakeling kan opgebouwd worden op het printje dat in figuur 4/15.16-4 op de transparante printpagina is voorgesteld. De vijf weerstanden, D6 en THY1 moeten op de ***koperzijde*** van het printje worden gesoldeerd. De positie van deze onderdelen volgt uit de componentenopstelling van figuur 4/15.16-5. Nadat deze SMD-onderdelen zijn gemonteerd, kan men de overige "normale" componenten op de andere zijde van het printje aanbrengen: weerstand R1, de vijf 1N4007 dioden, de elco C1 (plat op de print leggen) en THY2. Dit laatste onderdeel wordt ook plat aangebracht en wel boven de condensator C1. De vijf dioden en de weerstanden staan loodrecht op de print. Uit de foto's van figuur 4/15.16-6 kan men afleiden hoe een en ander er uit moet komen te zien.

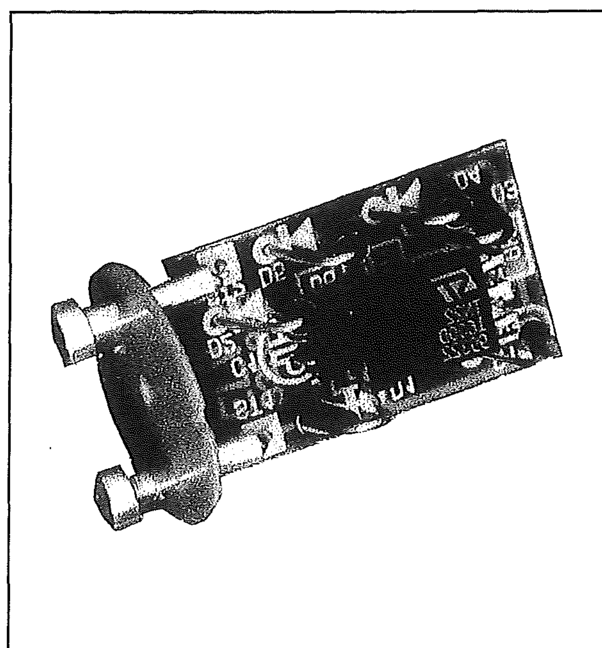


Figuur 4/15.16-5: De componentenopstelling van het printje.

15.16 Snelstarter voor TL-lampen



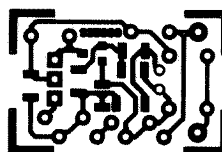
Figuur 4/15.16-6: De twee zijden van het printje, nadat alle onderdelen zijn aangebracht.



Figuur 4/15.16-7: De compleet gemonteerde elektronische TL-starter.

Tot slot worden de twee aansluitlipjes ST1 en ST2 voorzien van 1 cm lange draadjes. Men neemt een standaard TL-starter, sloopt de inhoud en soldeert de twee draadjes van het printje aan de twee contacten, zie figuur 4/15.16-7. Nadien kan men de kunststof behuizing weer aanbrengen en is de TL-starter klaar voor gebruik.

15.16 Snelstarter voor TL-lampen



Figuur 4/15.16-4: De print voor de schakeling.

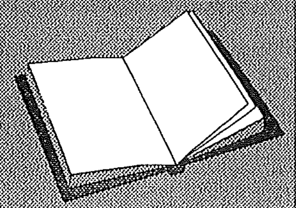
4/15.17

Noodverlichting voor openbare gebouwen

Inleiding
Wie naar bioscopen of theaters gaat is er zich waarschijnlijk niet van bewust, maar dergelijke ruimten zijn uitgerust met een laagspanningsnoodverlichting, die automatisch een minimaal lichtniveau handhaaft bij het uitvallen van de netspanning. Onderdeel van zo een installatie zijn de bordjes "NOODUITGANG", die iedere deur sieren en constant verlicht moeten zijn. Iedere middelbare school heeft tegenwoordig een theatertje, vaak opgezet door actieve docenten en in stand gehouden met een minimale subsidie uit de pot bijzondere uitgaven. Bovendien bestaan er ontelbare kleine theatergezelschappen, die voorstellingen geven in oude, afgekeurde of overbodig geworden loodsen. In principe moeten al deze ruimten beschikken over een noodverlichting. Uiteraard zijn er kant en klare apparaten in de handel, maar men schrikt van de prijzen. De Franse fabrikant CENI bijvoorbeeld, gespecialiseerd in noodverlichtingen, verkoopt een klein armatuurtje met twee 3 W gloeilampen en een accu met een branddduur van 1,5 uur, voor *f* 125,00 ex. BTW. Het installeren van een behoorlijke noodverlichting kost dan gauw een slordige 1.000 gulden, meer dan de meeste stichtingen of anders gestructureerde uitbaters kunnen opbrengen.
Vandaar de beschrijving van een eenvoudige noodverlichting, die door een handige knutselaar zélf in elkaar kan worden gezet.

Wat zegt NEN1010?
Aan noodverlichtingen worden bepaalde eisten gesteld, beschreven in de norm NEN1010, genoemd "Veiligheidsvoorschriften voor laagspanningsinstallaties". In hoofdstuk XIX kan men onder "Bijzondere voorschriften voor installaties in schouwburgen, bioscopen en daarmee gelijk te stellen gebouwen voor bijeenkomsten" bij artikel 617 het volgende lezen: *"In voor het publiek toegankelijke ruimten moet boven elke deur die het publiek moet passeren om de openbare weg te bereiken, een zodanige verlichting zijn aangebracht dat het woord "UIT", "UITGANG" of "Nooduitgang" duidelijk zichtbaar is, ook wanneer de ruimte is verduisterd".*
Artikel 618 deelt mee dat *"De gebouwen moeten zijn voorzien van een noodverlichting, die waarborgt dat bij het in gebreke blijven van*

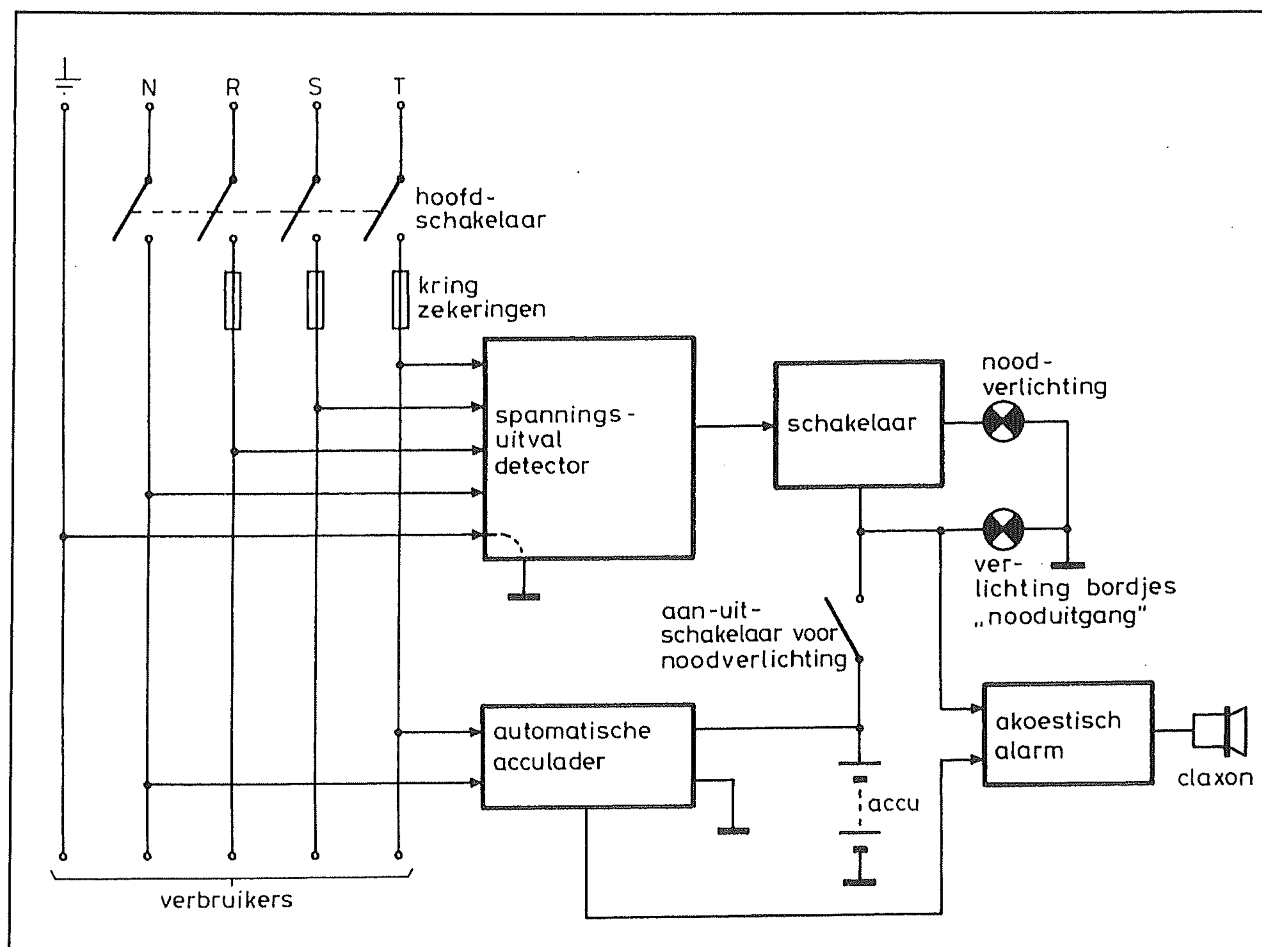
LEES OOK:
Geen referenties



15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen

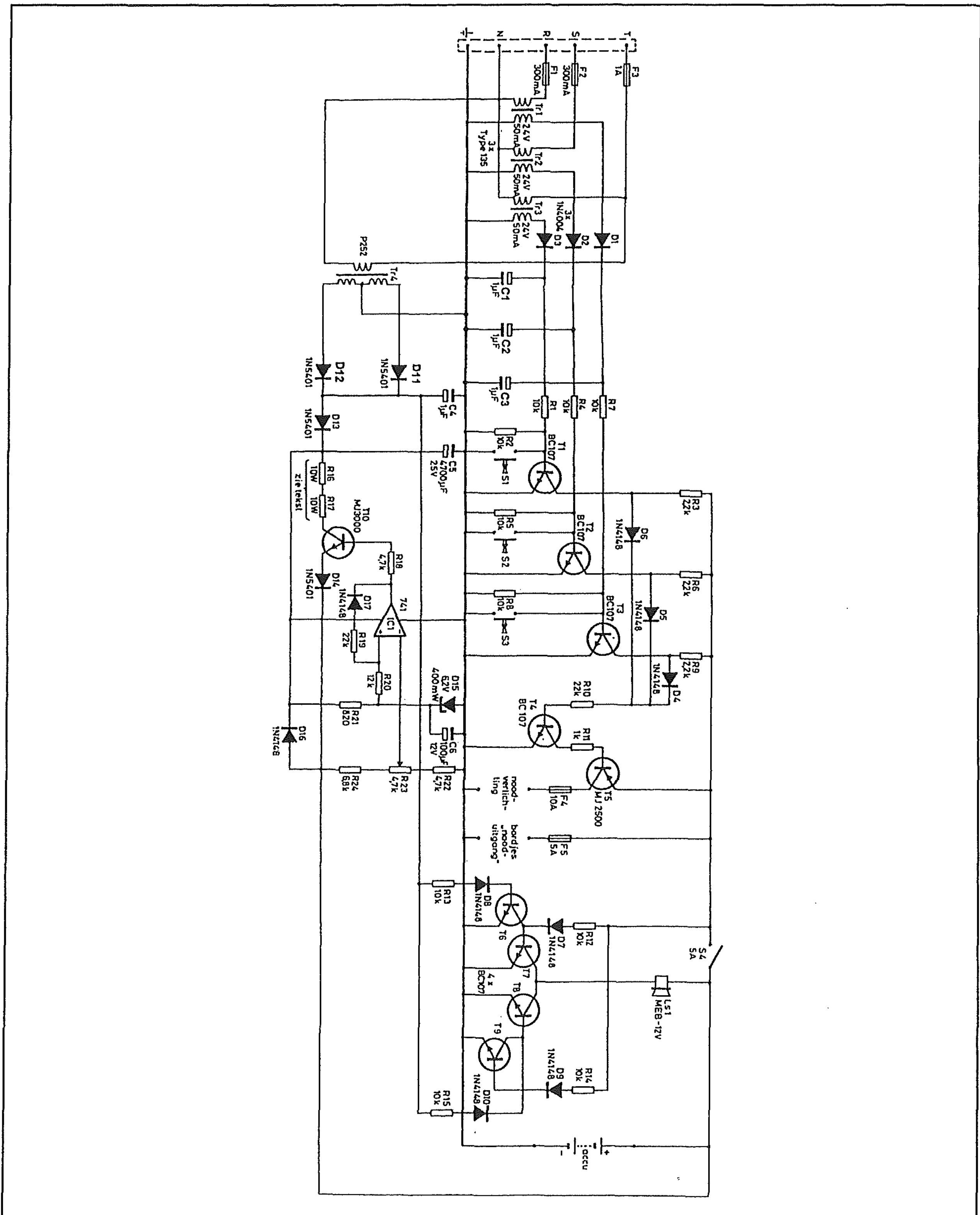
de gewone verlichting, automatisch een noodverlichting wordt verkregen, die aan de eisen gesteld in het tweede tot en met vijfde lid van dit artikel, voldoet". Die eisen gaan dan over de sterkte van de noodverlichting, die minstens 1 lux moet bedragen en het feit dat de in artikel 617 beschreven bordjes ook door de noodverlichting moeten worden gevoed. In een volgend artikel wordt gesteld dat de accumulatoren in staat moeten zijn de noodverlichting gedurende ten minste 2 uur van voldoende energie te voorzien. Deze normen laten de ontwerper van een noodverlichting dus vrij veel vrijheid bij het bepalen van de werking en de uitvoering van de apparatuur.

Blokschema van het systeem
Het blokschema van het ontworpen systeem is getekend in figuur 4/15.17-1. In de meeste ruimten waar het over gaat, zal een draaistroom-aansluiting aanwezig zijn.
Theatergezelschappen zitten immers met een verlichtingscapaciteit van tientallen kW en deze zal vrijwel steeds over de drie fasen verspreid zitten.
Vandaar dat links in de tekening de drie fasen R, S en T zijn getekend, die een onderlinge spanning van ongeveer 400 V voeren en ten opzichte van de neutrale leiding N de gebruikelijke netspanning van 230 V.



Figuur 4/15.17-1: Het blokschema van de noodverlichting.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen



Figuur 4/15.17-2: Het volledig schema van de noodverlichting.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen

Na de hoofdschakelaar en de zekeringen van de te beveiligen verlichtingskring worden de drie fasen en de neutrale draad aangeboden aan een "spanningsuitval detector". Deze schakeling detecteert uiteraard het al dan niet aanwezig zijn van de spanning op de drie fasen en stuurt bij uitval van één of meerdere fasen een signaal naar een elektronische schakelaar. Deze schakelaar staat tussen de accu van de noodverlichting en de noodverlichtingsarmaturen van 12 V.
De noodverlichting heeft een hoofdschakelaar, waarmee de accu kan worden losgekoppeld van de rest van de schakeling. De bordjes "NOODUITGANG" worden continu met de accu verbonden, maar uiteraard na de AAN/UIT-schakelaar.
De functie van deze AAN/UIT-schakelaar is misschien niet zo duidelijk. Als men vergeet deze schakelaar aan te zetten, dan werkt immers de noodverlichting niet!
Men moet er van uit gaan dat bij vele oude gebouwen de hoofdschakelaar wordt uitgeschakeld als het gebouw niet in gebruik is. Had de noodverlichting dan geen afzonderlijke AAN/UIT- schakelaar, dan zou de noodverlichting gaan branden en de accu ontladen.
Om het risico uit te sluiten dat men vergeet de noodverlichting aan te schakelen als het gebouw in gebruik wordt genomen, is een acoustisch alarm ingebouwd. Een toetertje gaat toeteren als men:
- de hoofdschakelaar van het net inschakelt, maar vergeet de noodverlichting aan te schakelen;
- de hoofdschakelaar van het net uitschakelt, maar vergeet de noodverlichting uit te schakelen.

Naast de eigenlijke schakelingen voor het sturen van de noodverlichting, is de schakeling voorzien van een automatische acculader, die het peil van de accu volledig automatisch in stand houdt. Deze lader wordt gevoed uit een van de drie fasen.

Volledig schema van het systeem
Het volledig schema van de schakeling is getekend in de figuur 4/15.17-2. De drie fasen R, S en T sturen via kleine zekeringen de primaire wikkelingen van kleine voedingstrafo's. Secundair leveren die 24 V bij een stroomcapaciteit van 50 mA. De secundaire spanningen worden gelijkgericht en door middel van kleine elco's C1, C2 en C3 afgevlakt. Deze afgevlakte spanningen sturen via spanningsdelers de basissen van transistoren. De collectoren worden gevoed uit de accuspanning.

De spanningsuitval detector
Als een van de fasen uitvalt, dan zal de secundaire spanning van een van de trafo's ook uitvallen en zal de transistor die op deze spanning is aangesloten dadelijk sperren. Er ontstaat een spanning van +12 V op de collector. Deze spanning stuurt via een van de dioden D4, D5 of D6 de basis van T4. Door het in geleiding komen van die halfgeleider, zal de darlington T5 basisstroom trekken en in verzadiging worden gestuurd. De 12 V armaturen van de noodverlichting worden met de accu verbonden en de noodverlichting vangt eventueel ontstane paniek vanwege de duisternis op. De bordjes "NOODUITGANG" zijn via een zekering rechtstreeks met de accu verbonden.
De drukknoppen S1, S2 en S3 dienen voor het testen van de installatie. Drukt men een van die schakelaars in, dan simuleert met het wegvallen van een van de fasen en moet de noodverlichting gaan branden.

De acculader
De acculader moet in staat zijn de accu met een kleine stroom te laden. In de

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen

meeste gevallen zal immers slechts de kleine belasting van de "NOODUITGANG"-bordjes aanwezig zijn. Wanneer de acculader in staat is 100 mA meer te leveren dan het genoemde verbruik, wordt de accu in goede staat gehouden.
Vandaar een voor een acculader verbazingwekkend kleine trafo Tr4, 2 x 12 V bij 2 x 1 A.
De secundaire spanning wordt door middel van de dioden D11 en D12 gelijkgericht en in eerste instantie afgevlakt met een kleine elco C4 van 1 µF. Over dit onderdeel ontstaat een stuurspanning voor het voeden van het akoestische alarm. Na een scheidingsdiode D13 volgt de "echte" afvlakking door middel van C5. De spanning over deze elco voedt de onderdelen van de automatische laadschakeling, namelijk op-amp IC1 en zenerreferentie D15. Als de accu ontladen is zal de spanning op de negatieve ingang van de op-amp lager zijn dan die op de positieve ingang. De negatieve ingang is immers door middel van een instelbare spanningsdeler R22, R23 en R24 verbonden met de accuspanning. De uitgang van de als comparator geschakelde operationele versterker is dan positief. Darlington T10 wordt in geleiding gestuurd. Er vloeit een laadstroom naar de accu, waarvan de grootte wordt bepaald door de twee in serie geschakelde 10 W weerstanden R16 en R17.
De waarde van die weerstanden is afhankelijk van de normale belastingsstroom van de accu. Hoe meer "NOODUITGANG"-bordjes aanwezig zijn, hoe lager de waarde van die weerstanden moet zijn. Op het bepalen van de grootte van de stroominstellende weerstanden wordt later terug gekomen.
Door het laden stijgt de accuspanning en op een bepaald moment zal de spanning op de negatieve ingang van de op-amp gelijk worden aan de spanning op de positieve ingang. De comparator klapt om, de uitgang gaat naar ongeveer +2,5 V. Diode D17 gaat nu echter geleiden en er ontstaat een spanningsdeler tussen de spanning over de zenerdiode D15 en de uitgang van de op-amp. Een en ander heeft tot gevolg dat de spanning op de positieve ingang van de operationele versterker gaat dalen. Deze schmitt-trigger werking van de comparator zorgt voor een goed gedefinieerd omschakelpunt tussen wél en niet laden. De spanning over de accu kan nu weer gaan dalen door de belasting van de nooduitgangen.
Als de spanning terug is gelopen tot ongeveer het ontlaadniveau, dan wordt het signaal op de negatieve ingang van de comparator weer gelijk aan dat op de positieve ingang en klapt de schakeling om. Diode D17 spert, het niveau op de positieve ingang maakt een sprongetje en de accu wordt geladen.
Diode D14 beveiligt de basis/emitter-overgang van T10 tegen een te grote inverse spanning, als de lader zichzelf heeft uitgeschakeld.
Diode D16 voert de accuspanning naar de operationele versterker, als de netspanning wegvalt. Zonder deze diode zou alleen de negatieve ingang van de op-amp spanning uit de accu ontvangen en omdat dat wel eens niet zo goed voor het IC zou kunnen zijn, is die extra diode opgenomen.

Acoustische alarm
Het acoustische alarm is opgebouwd rond de transistoren T6, T7, T8 en T9. De schakeling ontvangt twee stuursignalen. Op de eerste plaats via R12 en R14 de accuspanning, indien AAN/UIT-schakelaar S4 is ingeschakeld.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN , 1/4 W, 5 %	
R1,R2,R4,R5,R7,R8,R12,R13,R14,R15	10 kΩ
R3,R6,R9	2,2 kΩ
R10,R19	22 kΩ
R11	1 kΩ
R20	12 kΩ
R21	820 Ω
R18,R22	4,7 kΩ
R24	6,8 kΩ
WEERSTANDEN, 10 W, DRAADGEWONDEN	
R16, R17	zie tekst
INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 5	
R23	4,7 kΩ
CONDENSATOREN	
C1,C2,C3,C4	1 µF 64 V print-elco
C5	4.700 µF 25 V print-elco
C6	100 µF 12 V print-elco
HALFGELEIDERS	
D1,D2,D3	1N4004
D4,D5,D6,D7,D8,D9,D10,D16,D17	1N4148
D11,D12,D13,D14	1N5401, 2 A gelijkricht diode
D15	6,2 V 400 mW zenerdiode
T1,T2,T3,T4,T6,T7,T8,T9	BC107
T5	MJ2500 PNP darlington
T10	MJ3000 NPN darlington
IC1	741 op-amp, mini-DIL
DIVERSEN	
Tr1,Tr2,Tr3	24 V, 50 mA print-trafo
Tr4	2 x 12 V, 2 x 1 A print-trafo
Ls1	MEB-12V 12 V piëzo-zoemer
5	zekeringhouder print-model
3	300 mA glaszekering
1	5 A glaszekering
1	10 A glaszekering
3	drukknop 1 x AAN
1	tuimelschakelaar 1 x AAN, 5 A
1	kroonstrip 4-voudig, Mamuth, type 333
1	kroonstrip 5-voudig, Mamuth, type 333
2	koelprofielen TO-3 vingerkoellichaam

Op de tweede plaats via de weerstanden R13 en R15 de spanning over C4, die informatie levert over het wel of niet aanwezig zijn van de netspanning.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen

Er zijn vier mogelijke combinaties:

- De netspanning is ingeschakeld, maar men is vergeten de noodverlichting aan te schakelen.
- Over condensator C4 staat een positieve gelijkspanning en deze stuurt via weerstand R15 transistor T8 in verzadiging. T9 spert, omdat schakelaar S4 open staat. De zoemer MEB-12V wordt geactiveerd.
- De netspanning is ingeschakeld en men is niet vergeten de noodverlichting aan te zetten. Nu gaat transistor T9 ook geleiden en deze halfgeleider sluit het stuursignaal voor de basis van T8 kort naar de massa. Transistor T6 geleidt eveneens en deze sluit het stuursignaal voor T7 kort. Noch T7, noch T8 geleiden, de zoemer is stil.
- Men schakelt de hoofdschakelaar van het net uit, maar vergeet de noodverlichting uit te schakelen. Transistor T7 gaat nu geleiden, omdat transistor T6 niet geleidt. De zoemer wordt door middel van de eerstgenoemde halfgeleider met massa verbonden en gaat aan het werk.
- Zowel het net als de noodverlichting zijn uitgeschakeld. Alle vier de transistoren sperren, het alarm wordt niet geactiveerd.

De bouw van de schakeling

Alle onderdelen van deze schakeling passen op de grote print van 210 mm bij 135 mm, getekend als figuur 4/15.17-3 op de transparante printpagina. De componentenopstelling is weergegeven in figuur 4/15.17-4.

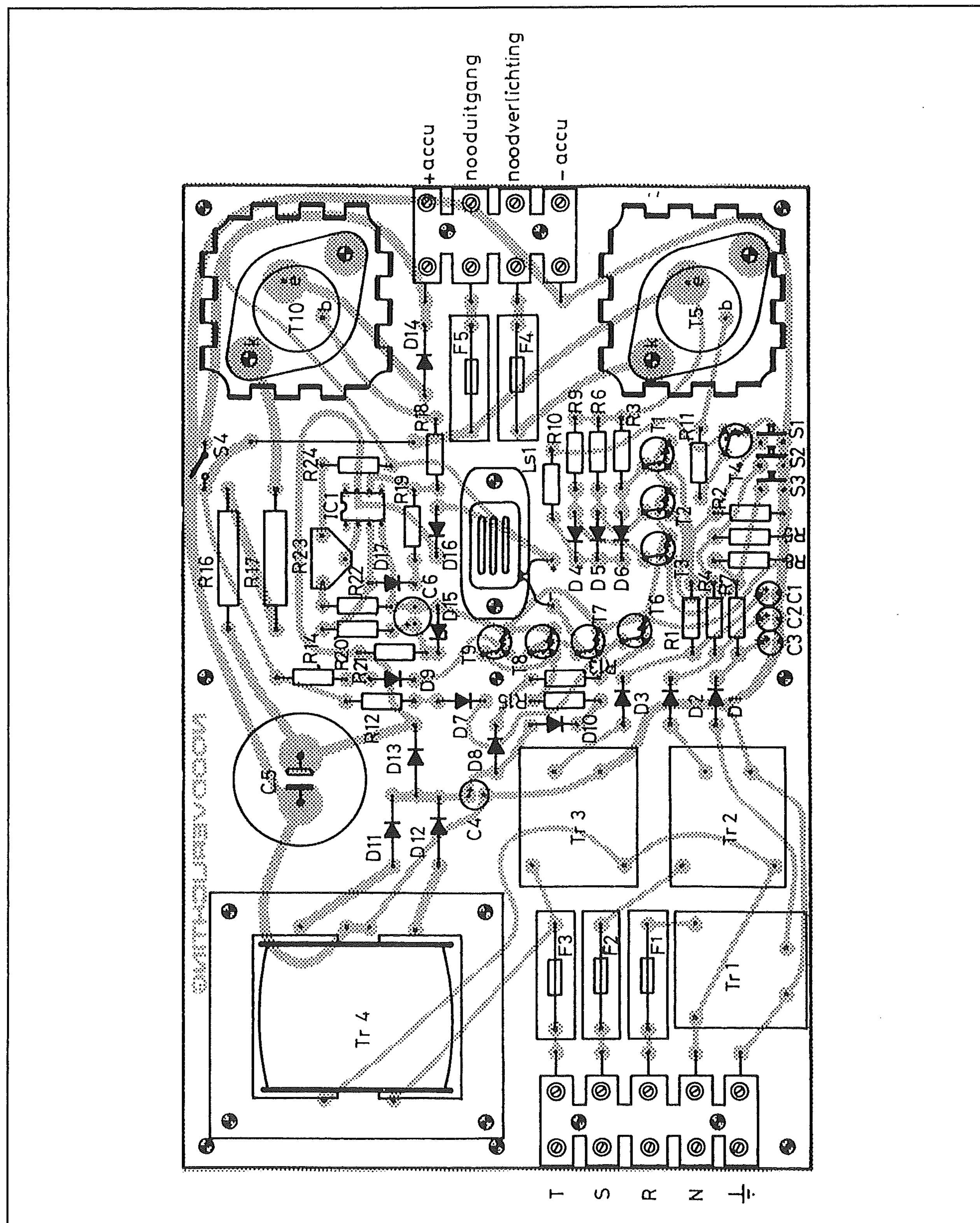
Een paar tip's voor de nabouw:

- Om spanningsverlies en opwarming van de printsporen te voorkomen, moeten alle printsporen tussen de accu-aansluitingen, de beide darlingtons, de lamp-uitgangen en de laadtrafo worden vertind.
- De twee darlingtons worden gemonteerd op vingerkoelprofielen, die voorgeboord zijn voor TO-3.
- De net- en uitgangsaansluitingen kunnen worden uitgevoerd met een 4- en 5-delige kroonstrip van het fabrikaat Mamuth, type 333 (6 mm^2).
- De print kan samen met een kleine accu in een kastje worden gebouwd. Gebruik voor het aansluiten van de drie fasen de daarvoor voorgeschreven vijfaderige kabel!
- Hoewel de negatieve aansluiting van de accu op de print is doorverbonden met de aardklem, voldoet dit printspoor uiteraard niet aan de norm voor aarding. Verbindt bij de definitieve installatie daarom de negatieve aansluiting van de accu met de aarde van het net met de voorgeschreven aarddraad.

Creativiteit spaart geld: de "NOODUITGANG"-bordjes

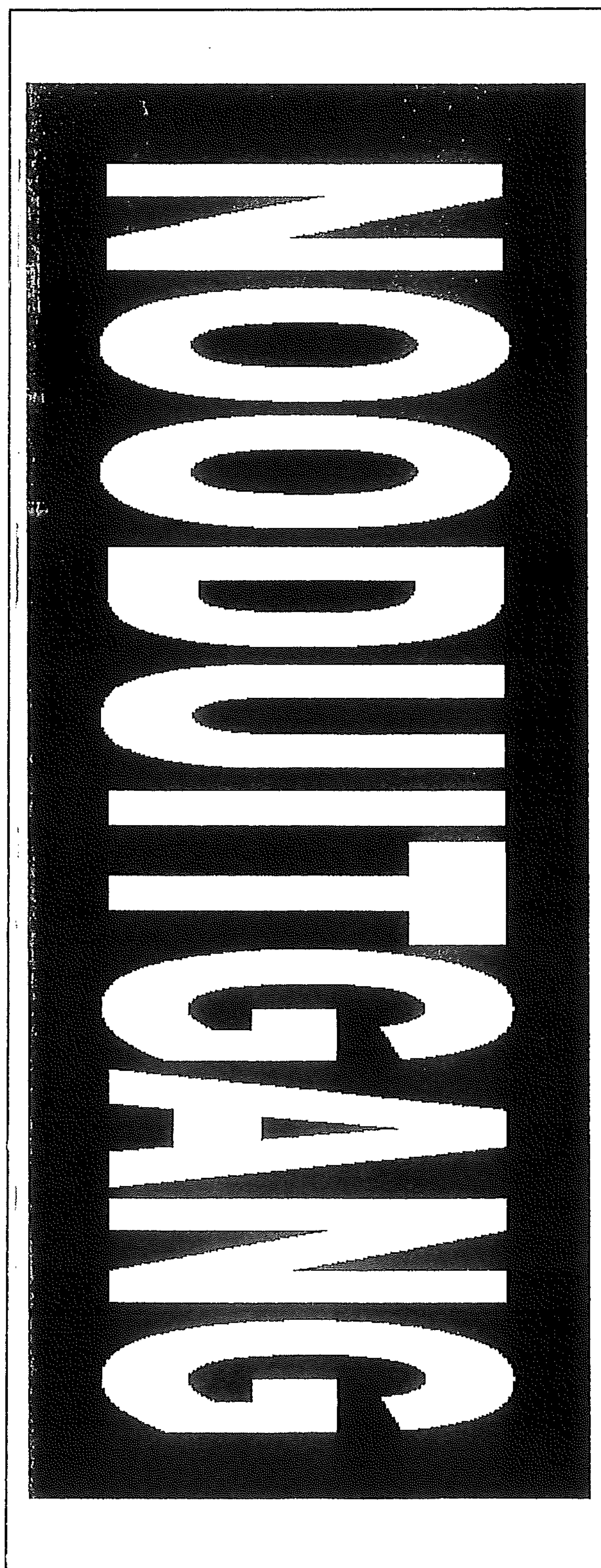
Deze kreet kan ook hier in praktijk worden gebracht bij de zelfbouw van de armaturen voor de noodverlichting. De noodverlichtingskastjes kunnen zélf worden gemaakt uit plaatjes multiplex. In figuur 4/15.17-5 is een ontwerpje van een bordje "NOODUITGANG" getekend, dat men met een copieermachine (eventueel vergroot) kan copiëren op transparante folie. Deze folie kan nadien met transparante lijm op een stukje groenkleurig plexiglas worden geplakt en dit kan op het multiplex van het zelfgebouwde kastje worden geschroefd. In het kastje komen drie lamphouders voor lampjes van 6 V en 100 mA. Deze worden in serie geschakeld en geven dan voldoende licht, zonder al te storend te werken op de duisternis bij film- of theatervoorstellingen.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen



Figuur 4/15.17-4: De componentenopstelling van de noodverlichting.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen



Figuur 4/15.17-5: Een ontwerpje voor de "NOODUITGANG"-bordjes.

Het bepalen van de waarde van R16 en R17

Als men alle kastjes heeft gemaakt, maakt men een laboratorium opstelling van het systeem voor het bepalen van de juiste waarde van de stroombegrenzende weerstanden R16 en R17. De drie fasen kunnen uiteraard parallel worden geschakeld. Men start met een vrij hoge weerstandswaarde, bijvoorbeeld 10 Ω. Men verdraait instelpotmeter R23, zodat de accu wordt geladen. Men meet de stroom naar de positieve klem van de accu en zal waarschijnlijk vaststellen dat de accu niet wordt geladen, maar zich ontlaadt.

Men vermindert dan de waarde van de weerstanden, tot de accu wél wordt geladen met een stroom van ongeveer 100 mA. Nadien soldeert men de weerstanden in de print, maar monteert ze daarbij wél één centimeter van het printoppervlak.

Rest nog het afregelen van de genoemde instelpotmeter. Deze moet zo worden ingesteld dat het laden ophoudt als de spanning over de accu gelijk is aan 14 V.

Creativiteit spaart geld: de noodverlichtingsarmaturen

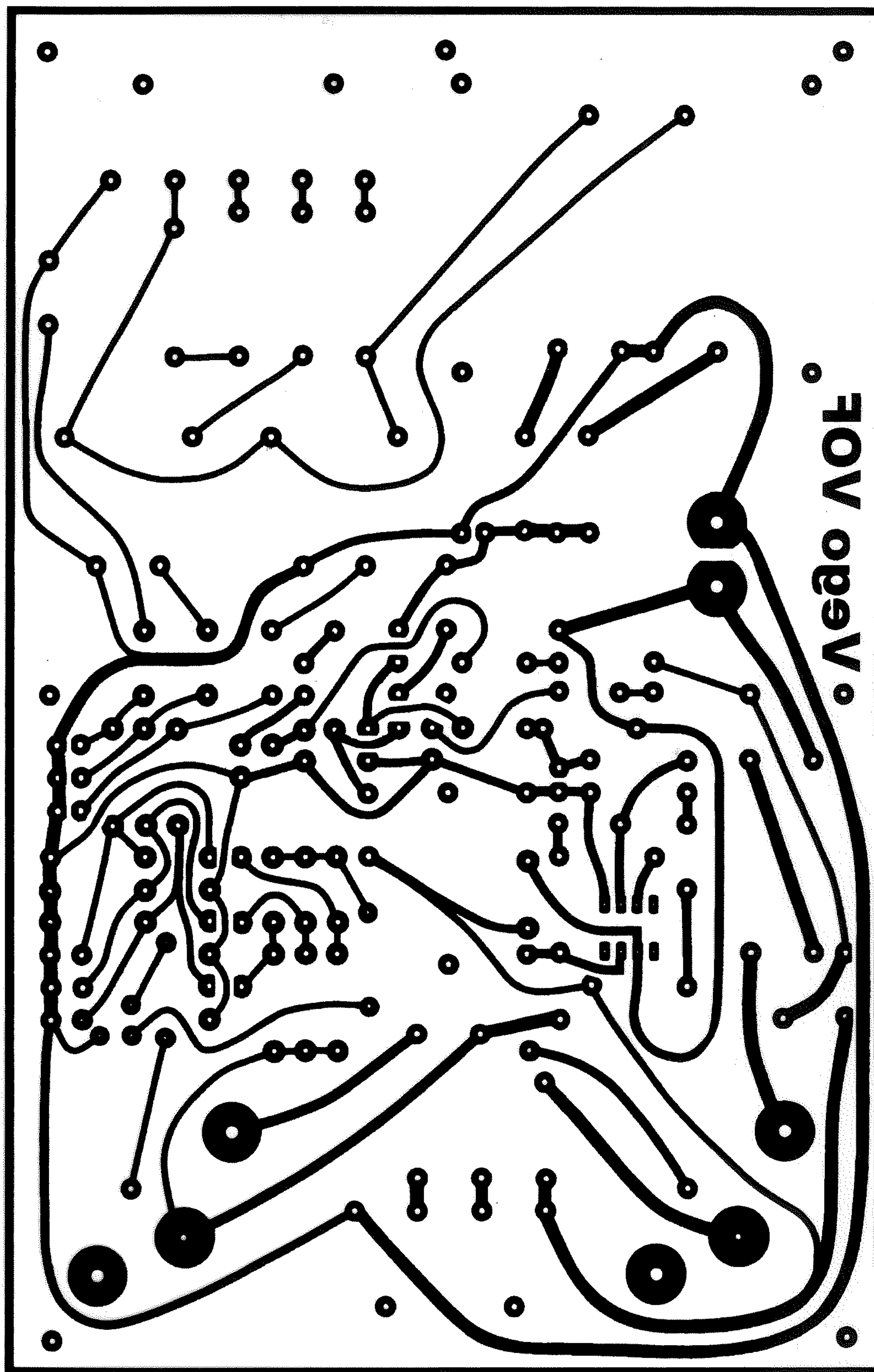
Ook bij de constructie van de armaturen voor de noodverlichting kan men heel wat geld sparen. In de handel zijn zogenaamde A.E.B.-lamphouders, waarin langwerpige lampjes van 12 V en 10 W passen (Philips type 12866 SV8,5). Totale kosten van zo'n combinatie: *ƒ* 16,40. Deze fittingen passen op het deksel van een standaard PVC-trekdoos. Een trekdoos is een lasdoos met twee in elkaars verlengde liggende aansluitingen voor 5/8 inch PVC-mantelbuis en een dergelijk onderdeel wordt normaal gebruikt om het trekken van draden door een te lang buistraject in diverse etappes te verdelen.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen

De noodverlichting kan dan op de normale manier worden uitgevoerd met PVC-pijp, waarbij op ieder punt waar een noodverlichtingsarmatuur is gewenst een trekdoos wordt tussen gemonteerd. Om een idee te geven van het noodzakelijke aantal lichtpunten:

Een loods van 30 lengte bij 5 meter breedte en met een hoogte tot de nok van 4,35 m werd door middel van vijf van de genoemde 10 W lampjes voldoende verlicht.

15.17 Noodverlichting voor openbare gebouwen



Figuur 4/15.17-3: De print van de schakeling.

4/15.18

8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint

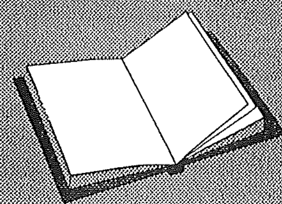
Inleiding
Op een podium voor theater of muziek moeten er, naast de onvermijdelijke dimmergestuurde spot's, vaak belastingen aan of uit worden geschakeld. Denk maar aan schemerlampjes die niet gedimd moeten worden, een huisbel die moet rinkelen, een rolluik dat gesloten wordt, etc. In principe zou de lichttechnicus dergelijke belastingen via dimmerkanalen kunnen sturen, maar dat is zonde van de dure dimmers. Vandaar dat er meestal iemand (een acteur die even niet op moet) belast wordt met het op het juiste moment achter het podium bedienen van een schakelaartje of het inpluggen van een netsteker.
Met de in dit hoofdstuk beschreven schakeling kan de lichttechnicus acht van dergelijke belastingen op afstand aan en uit zetten via een gelijkspanning. De schakeling kan ingebouwd worden in een behuizing die met een negenpolige stuurkabel met een klein bedieningskastje naast de lichtregeltafel verbonden wordt. Dat kastje bevat niets anders dan acht eenvoudige tuimelschakelaartjes en een voedingsaansluiting naar de lichtregeltafel, waar de voedingsspanning van +12 V tot +18 V wordt afgetakt.

De specificaties
De belangrijkste specificaties van dit ontwerp zijn:

- acht op afstand te besturen AAN/UIT-schakelaars;
- maximaal vermogen van 600 W per kanaal;
- stuurspanning +12 V tot +18 V;
- ieder kanaal volledig gescheiden van de andere kanalen;
- krachtstroom voeding is dus mogelijk;
- slechts 9 onderdelen per kanaal.

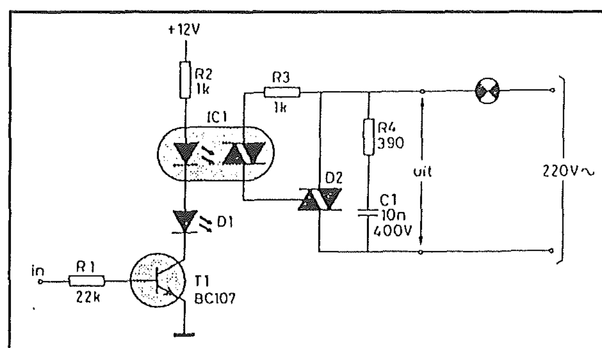
Acht maal 600 W
Acht maal 600 W vormt het respectabel vermogen van 4,8 kW, goed voor ongeveer 20 A uit het 230 V net! Het zal duidelijk zijn dat dergelijke stromen niet met normale schakelingen en standaard printtechnieken te verwerken zijn. Er zouden zeer brede printsporen moeten worden toegepast en bovendien zou men op de print ruimte moeten scheppen om de drie fasen van het net naar de diverse triac's te voeren.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.18
Hoofdstuk 6/7.6



15.18 8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint

Gelukkig biedt de moderne elektronica een zeer eenvoudige en redelijk goedkope oplossing voor deze problemen. Er bestaan optische koppelaars waarvan de secundaire zijde niet bestaat uit een optisch gevoelige transistor, maar uit een op licht reagerende triac. In de meeste gevallen is deze triac samengesteld uit twee anti-parallel geschakelde fotogevoelige thyristoren, maar dat kan de pret uiteraard niet drukken. Belangrijk is dat de nabouwer dank zij deze onderdelen een ideaal elektronisch equivalent in handen krijgt voor de aloude elektromechanische schakelaar, relais genoemd. De infrarode LED uit de optische koppelaar vormt de "spoel" en de foto-triac de "schakelaar".
Als men een stroom van ongeveer 10 mA door de LED stuurt wordt de triac-schakelaar bekrachtigd en men kan dit onderdeel dan beschouwen als een gesloten schakelaar. Omdat de triac uit de koppelaar wel in staat is de 230 V van het net te sch akelen, maar slechts ongeveer 100 mA stroom kan leveren, moet men een tweede triac achter de fotogevoelige triac schakelen om praktisch bruikbare vermogens te schakelen.



Figuur 4/15.18-1: Het schema van één kanaal van de schakeling.

Het schema van één kanaal

Het schema van één kanaal van de lichtschakelaar is getekend in figuur 4/15.18-1. Duidelijk blijken de voordelen van het gebruik van deze optische koppelaars. De secundaire kring is niet alleen volledig galvanisch gescheiden van het besturingsdeel, maar staat ook helemaal los van de secundaire delen van de overige kanalen. Hetgeen tot gevolg heeft dat men de serieschakeling van de 230 V en de belasting zonder problemen over de triac kan schakelen. Omdat er geen galvanische verbindingen bestaan tussen de verschillende kanalen kan men immers ook nooit door het verkeerd aansluiten van fase en nul op de verschillende kanalen een rechtstreekse kortsluiting tussen de twee aders van het net veroorzaken!
Een tweede voordeel van deze kanaalscheiding is dat men ook zonder problemen met drie-fase voeding kan werken.
De serieschakeling van weerstand R4 en condensator C1 wordt over de triac opgenomen om plotselinge spanningsstijgingen over de triac ietsjes af te vlakken. Een triac heeft namelijk een maximale $\Delta V/\Delta t$, stijgt de spanning over de niet geleidende triac sneller dan deze waarde voorschrijft dan bestaat de kans dat het onderdeel doorslaat.
Het primaire deel van de kanalen van de lichtschakelaar is al even eenvoudig. De 10 mA gelijkstroom voor de infrarode LED uit de optische koppelaar wordt via een als schakelaar ingehuurde transistor T1 afgeleid uit een voedingsspanning van +12 V tot +18 V. In serie met de LED uit de koppelaar is een gewone rode signaal-LED opgenomen, zodat men een indicatie heeft welke kanalen wel en welke niet worden gestuurd.

De optische koppelaars

Er zijn diverse optische koppelaars met triac-uitgang in de handel die gestandaardiseerde aansluitingen hebben. Hoewel

15.18 8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint

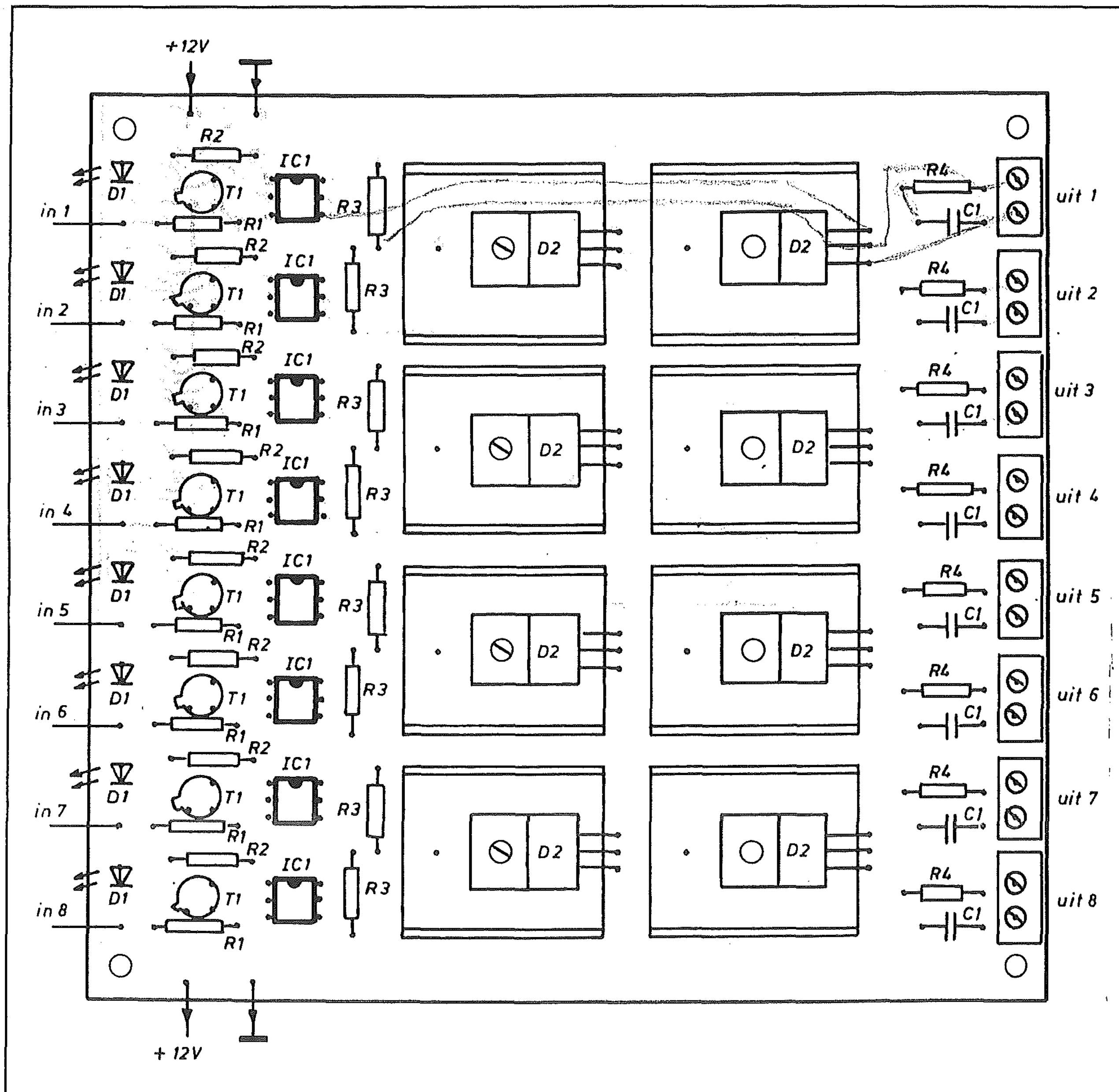
ONDERDELENLIJST PER KANAAL

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R1	22 kΩ
R2,R3	1 kΩ
R4	390 Ω
CONDENSATOREN	
C1	10 nF 630 V, WIMA MKS-4
HALFGELEIDERS	
D1	LED rood, 5 mm
D2	triac 5 A, 400 V, TO-220
IC1	SI-1MD3 opto-koppelaar
DIVERSEN	
8	printkroonsteentje 2-polig, raster 5 mm
8	LED-houder 5 mm, haaks
8	koelprofiel U-vormig voor TO-220
12	printsoldeerlipje 3 mm
8	messing spijker 1,5 mm
8	moertje M3
8	boutje M3x10

het dus weinig zin heeft een specifiek typenummer voor te schrijven zij toch vermeld dat in het prototype gebruik werd gemaakt van SI-1MD3 koppelaars van het Japanse merk Sharp.
Telefunken en Motorola hebben echter ook enige bruikbare uitvoeringen!

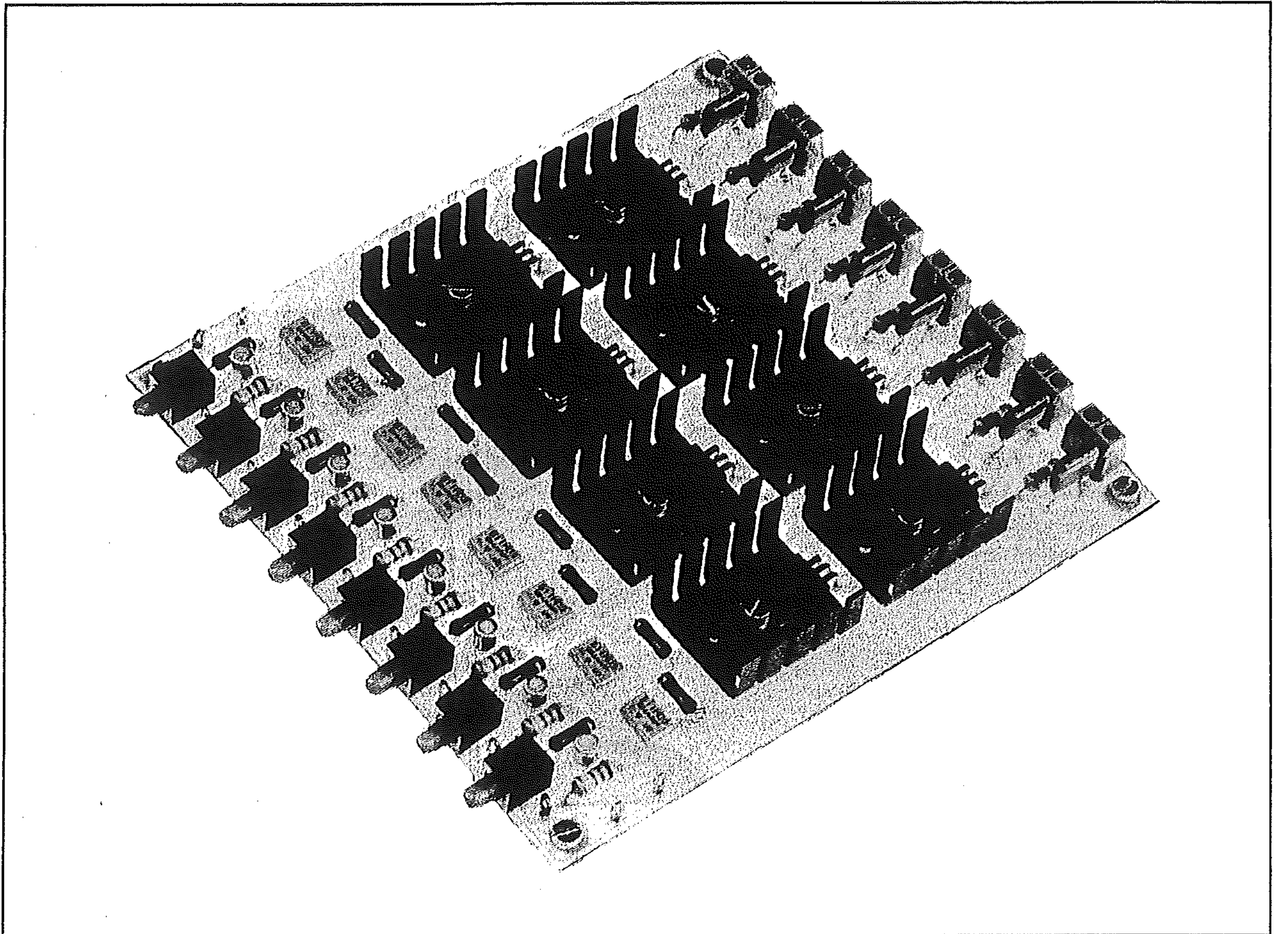
De bouw van de schakeling
Voor deze schakeling is een print ontworpen waar alle onderdelen en koelplaatjes een plaatsje op vinden. Deze staat als figuur 4/15.18-2 op de transparante pagina. Figuur 4/15.18-3 geeft de componentenopstelling van de volledige acht kanaals schakelaar. Wat onmiddellijk opvalt is de afwezigheid van brede kopersporen, deze zijn niet noodzakelijk omdat er maximaal slechts 3 A door één van de secundaire kanaalleidingen vloeit. De triac's worden op kleine U-vormige koelplaatjes gemonteerd, de indicatie-LED's kunnen in haakse houders worden gehuisvest, zodat het geheel een nette, keurige indruk maakt.
De koelplaatjes hebben slechts één bevestigingsgat en kunnen dus ten opzichte van elkaar gaan draaien als de boutjes door herhaald opwarmen en weer afkoelen van het profiel los gaan zitten. Omdat contact tussen twee profielen een kortsluiting over het net tot gevolg kan hebben wordt deze situatie voorkomen door de profielen te borgen met behulp van kleine messing spijkertjes die door gaatjes van 1,5 mm in het profiel worden geduwd en op de losstaande koperen eilandjes van de print worden vastgesoldeerd.
Denk er aan dat de condensatoren C1 een bedrijfsspanning van minstens 400 V gelijkspanning moeten hebben en nog beter 630 V!
Tot slot geeft figuur 4/15.18-4 een impressie van de volledig gemonteerde print.

15.18 8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint



Figuur 4/15.18-3: De componentenopstelling van de print.

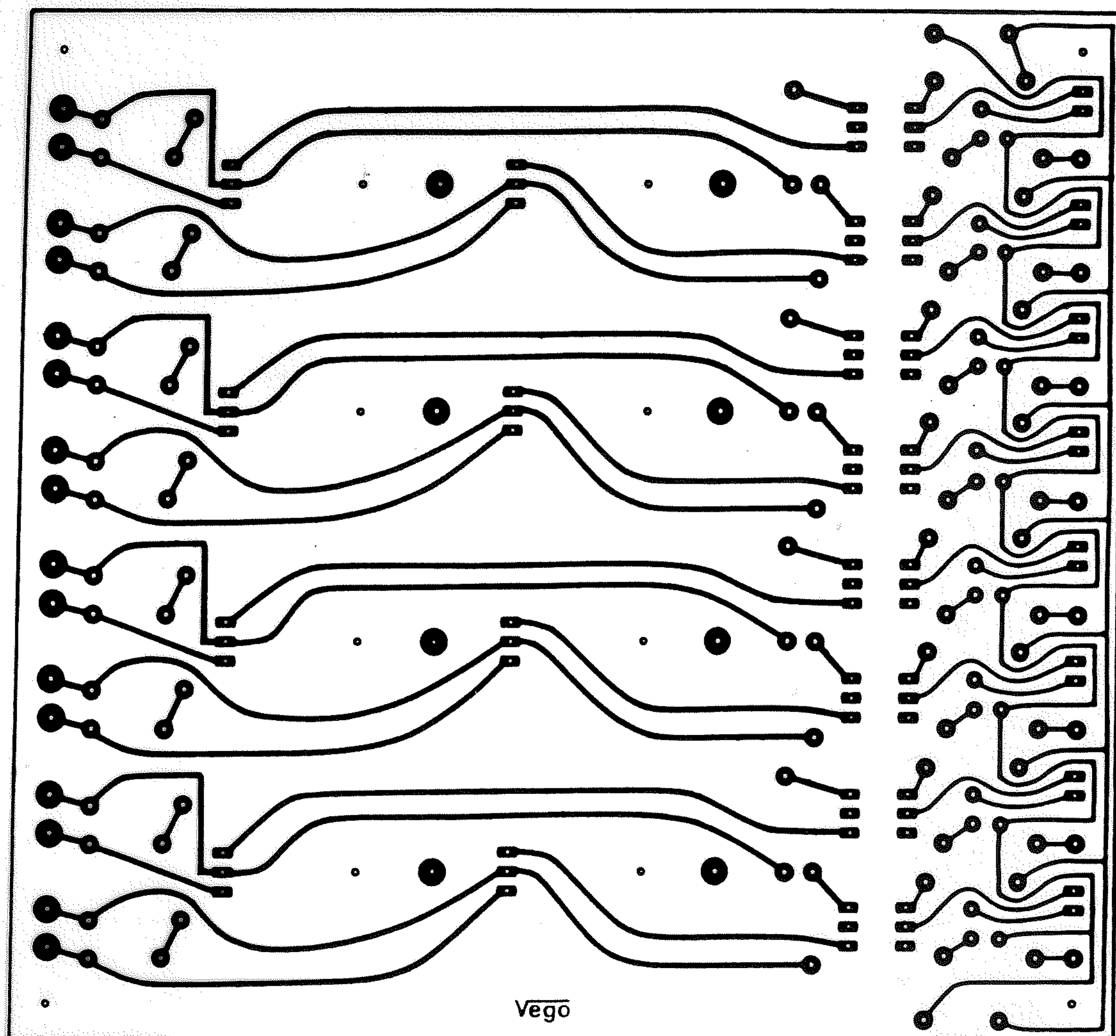
15.18 8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint



Figuur 4/15.18-4: Het volledig gemonteerde proto-type.

15.18 8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint

15.18 8 x 600 W optisch geïsoleerde schakelprint



Figuur 4/15.18-2: De print van de schakeling

4/15.19

Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint

Inleiding

In hoofdstuk 4/15.18 werd een universele schakelprint beschreven, waarmee acht 230 $V_{wisselspanning}$ belastingen geïsoleerd van het net worden aangestuurd. Een van de voor de hand liggende toepassingen van z'n schakelprint is een professionele lichtloper, bruikbaar in disco's, cafe's en dancings. Dank zij de optische scheiding is het apparaat veilig te bedienen, dank zij de capaciteit van 600 W per kanaal kan men 48 100 W mini-spot's aansturen. Het komt er nu alleen op aan een besturingsschakeling te ontwikkelen, waarmee deze universele schakelprint omgetoverd wordt tot lichtloper.

Hoe werkt een looplicht?

Normale looplichten zijn samengesteld uit twee flip-flop's en een eenvoudige decodeerschakeling die uit de uitgangen van de flip-flop's vier pulsjes afleidt die om de beurt hoog worden. Deze pulsjes sturen vier triac's in geleiding en door nu de lampjes afwisselend op de vier triac's aan te sluiten ontstaat de suggestie van een over de slang lopend lichtvlekje. Deze suggestie is echter zo oud als de straat en tamelijk uitgekauwd.

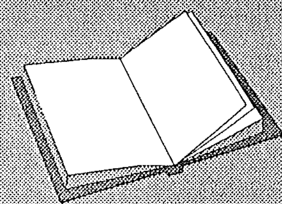
Een beter alternatief

Bij het hier beschreven systeem worden alle lampen van de slang aangesloten op een eigen kanaal van één of meerdere lichtschakelaarprinten. De kanalen worden gestuurd uit de uitgangen van een speciaal schuifregister, dat vrij programmeerbaar is. Men kan dus eerst een code in het register inlezen en door het bedienen van een schakelaartje gaat de code op het ritme van een klokpuls door het register schuiven. Door de uitgang van het register terug te koppelen naar de seriële ingang blijft de eenmalig ingestelde code de lichtslang doorlopen.
Op deze manier kan men dus ingewikkelde lichtpatronen in het systeem programmeren.

Het principe

Deze schakeling is zeer eenvoudig in de praktijk te realiseren als men gebruik maakt van een speciaal IC uit de CMOS 4000-familie. Onder het typenummer CD4034 bieden de meeste CMOS fabrikanten een zogenoemd universeel 8 bit busregister aan.

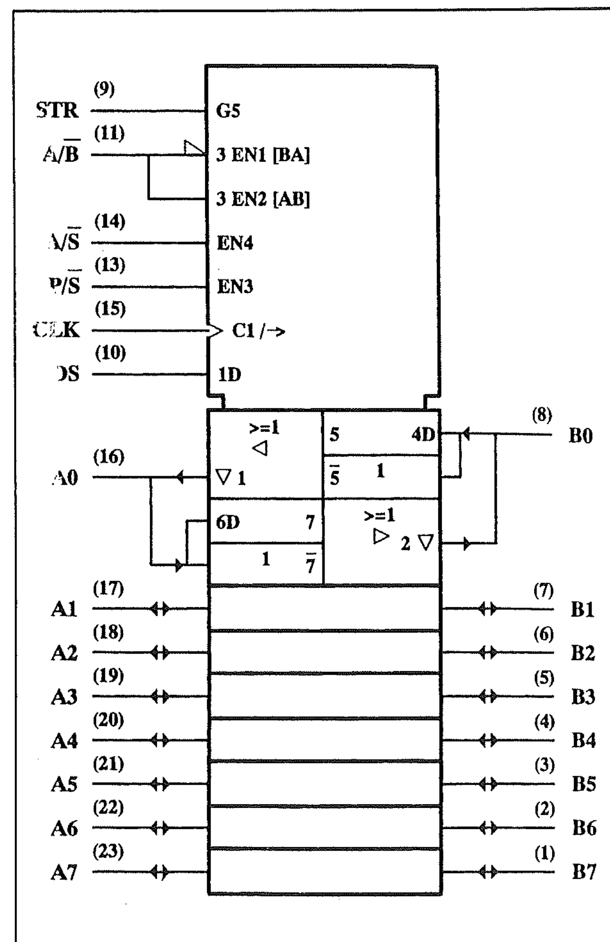
LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.5
Hoofdstuk 4/15.18



15.19 Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint

Dit is een zeer veelzijdige schakeling, in deze toepassing wordt maar een fractie van de mogelijkheden van dit IC uitgebuit. Het logisch schema van dit schuifregister is getekend in figuur 4/15.19-1. Hoewel een dergelijke figuur in principe alle logische functies van de schakeling beschrijft, is er nogal wat ervaring met de IEEE-symboliek nodig om zo'n logisch schema te kunnen lezen. Vandaar dat in figuur 4/15.19-2 dit logisch schema wordt omgezet naar een intern blokschema, dat hopelijk duidelijker is.
In principe is de schakeling samengesteld uit een acht bit breed schuifregister met één seriële ingang DS. Daarnaast zijn parallelle ingangen Qn aanwezig, waarmee men de inhoud van het register bitgewijs kan instellen. Een aantal "mode-control"-ingangen bepaalt de functie van de schakeling. De waarheidstabel van deze besturing is voorgesteld in figuur 4/15.19-3.

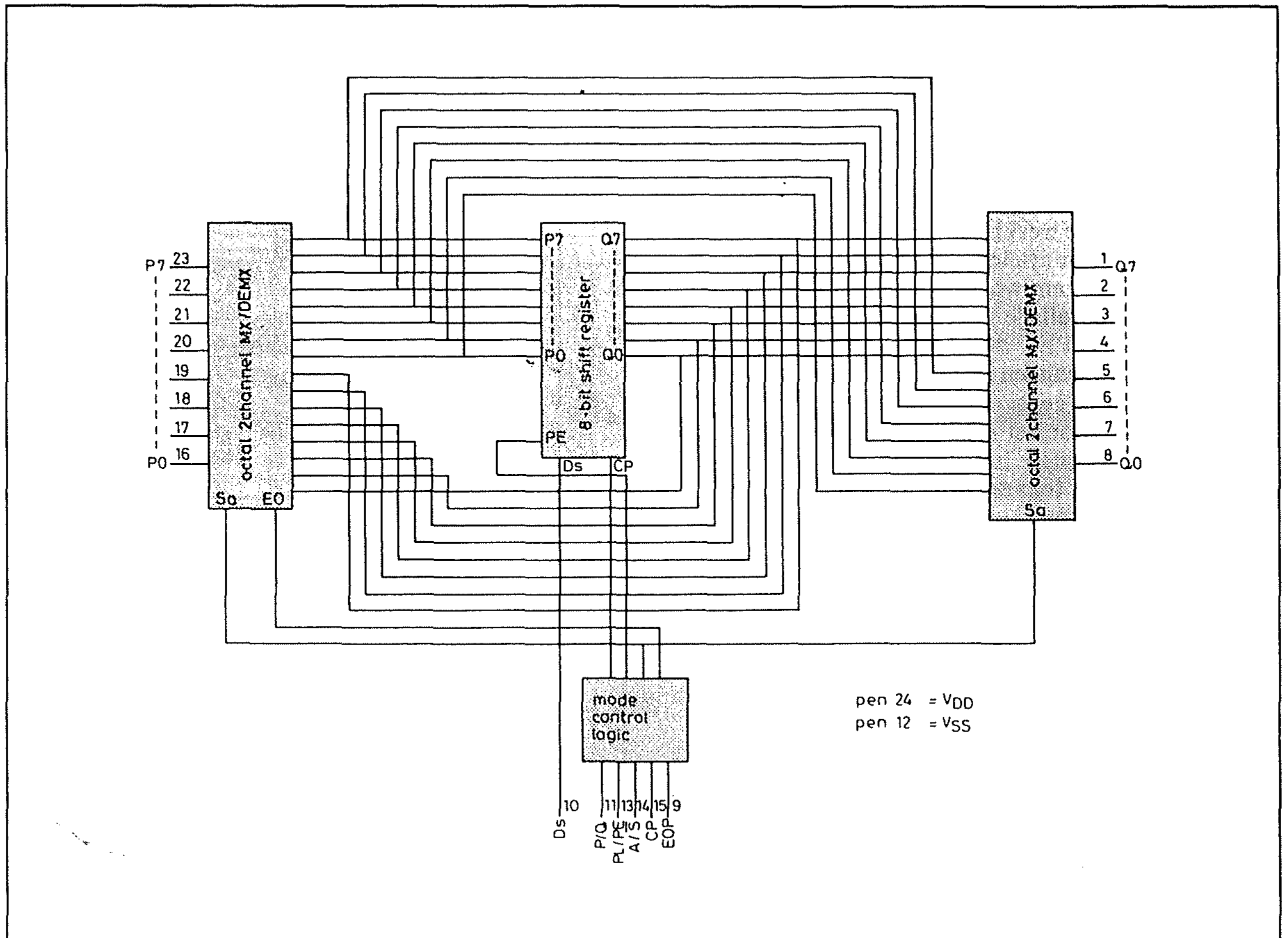
Samenvatting
Om kort samen te vatten:
- P/Q
  Als deze ingang "H" is zijn de P-aansluitingen de parallelle ingangen en de Q-aansluitingen de parallelle uitgangen. Bij een lage ingang draaien de functies van P en Q om.
- PL/PE
  Bij een "H" op deze ingang worden de op de parallelle data-ingangen aanwezige gegevens overgenomen in de flipflop's van het schuifregister.
- A/S
  Als deze ingang "L" is wordt de inhoud van het register op de voorflank van de klok van trap naar trap geschoven, hetgeen dus overeen komt met seriële werking. Bij parallelle werking wordt de informatie op de ingangen alleen op de voorflank van de klok overgenomen door de flip-flop's. Is deze ingang "H" dan zullen de parallelle ingangsgegevens onmiddellijk door de interne flipflop's worden overgenomen. Bij seriële werking heeft een "H" op deze ingang geen zin.
- EOP
  Een laag signaal op deze ingang schakelt de parallelle P-aansluitingen naar tri-state.



Figuur 4/15.19-1: Het logisch symbool van de CD4034.

Uit deze werkingsbespreking kan men afleiden dat het register kan worden geladen met parallelle gegevens door de PL/PE-, de EOP- en de A/S-ingangen "H" te maken.

15.19 Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint



Figuur 4/15.19-2: Het intern blokschema van de CD4034.

Om de gegevens nadien serieel door het register te sturen volstaat het de drie genoemde ingangen "L" te maken en een vierkantsgolf aan klokingang CP aan te leggen. Om interne timingproblemen te voorkomen is het echter noodzakelijk het PL/PE-signaal iets te vertragen ten opzichte van het A/S-signaal.

Praktisch schema

Het volledig praktisch schema van de looplichtbesturing is getekend in figuur 4/15.19-4. Door de P/Q-ingang vast met de voedingsspanning te verbinden worden de P-aansluitingen tot ingang en de Q-pennen tot uitgang bevorderd. De code wordt ingesteld door de P-ingangen door middel van acht kleine schakelaartjes S1 tot en met S8 (via weerstanden) ofwel met de massa ofwel met de voeding te verbinden. Schakelaar S9 bepaalt de functie van de schakeling. Is deze schakelaar gesloten, dan worden de A/S-, EOP- en PL/PE-ingangen "H" en wordt de schakelaarcode ingelezen. De klokoscillator rond poort 4 wordt uitgeschakeld. Opent men S9, dan worden de genoemde besturingsingangen in de juiste volgorde "L" en wordt de oscillator, die de klok verzorgt, gestart. De ingelezen code schuift op het ritme van de voorflank van de klok door de acht trappen van het register.

15.19 Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint

"A" Enable	P/S	A/B	A/S	Mode	Operation*
0	0	0	X	Serial	Synchronous Serial data input, A- and B-Parallel data outputs disabled.
0	0	1	X	Serial	Synchronous Serial data input, B-Parallel data output.
0	1	0	0	Parallel	B Synchronous Parallel data inputs, A-Parallel data outputs disabled.
0	1	0	1	Parallel	B Asynchronous Parallel data inputs, A-Parallel data outputs disabled.
0	1	1	0	Parallel	A-Parallel data inputs disabled, B-Parallel data outputs, synchronous data recirculation.
0	1	1	1	Parallel	A-Parallel data inputs disabled, B-Parallel data outputs, asynchronous data recirculation.
1	0	0	X	Serial	Synchronous Serial data input, A-Parallel data output.
1	0	1	X	Serial	Synchronous Serial data input, B-Parallel data output.
1	1	0	0	Parallel	B Synchronous Parallel data input, A-Parallel data output.
1	1	0	1	Parallel	B Asynchronous Parallel data input, A-Parallel data output.
1	1	1	0	Parallel	A Synchronous Parallel data input, B-Parallel data output.
1	1	1	1	Parallel	A Asynchronous Parallel data input, B-Parallel data output.

Figuur 4/15.19-3: De waarheidstabel van de besturing van de CD4034.

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %
R1,R4-R12 .... 47 kΩ
R3 .... 2,2 kΩ

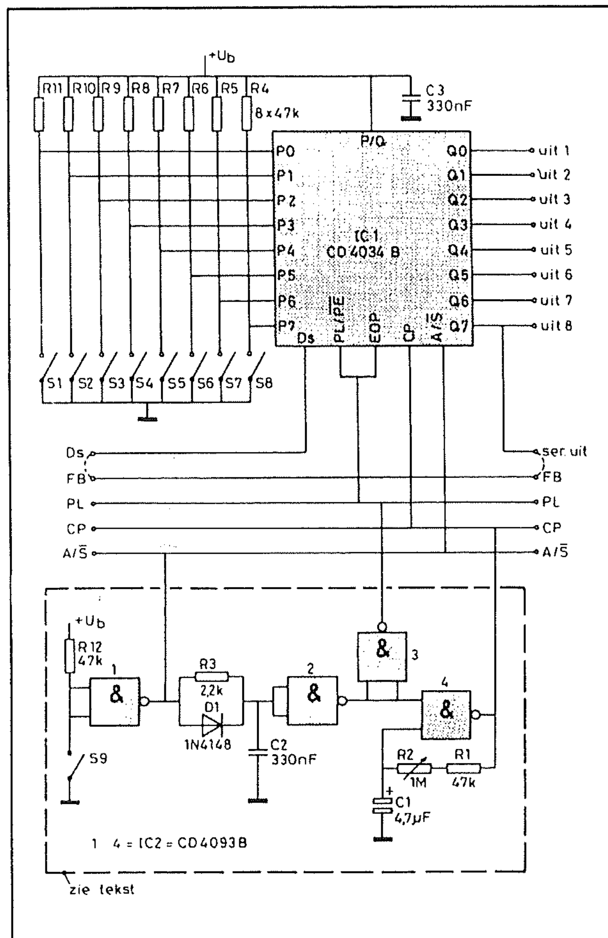
INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 5 mm
R2 .... 1 MΩ

CONDENSATOREN
C1 .... 4,7 µF 16 V printelco
C2,C3 .... 330 nF MKH

HALFGELEIDERS
D1 .... 1N4148
IC1 .... CD4034B
IC2 .... CD4093B

DIVERSEN
9 .... codeerschakelaars Kolde SLS-125
1 .... IC-voetje, 14 pennen
1 .... IC-voetje, 24 pennen
22 .... printsoldeerlipje
1 .... asje voor instelpotentiometer

15.19 Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint



Figuur 4/15.19-4: Het praktisch schema van de lichtloperbesturing.

Door de achtste uitgang via de retourleiding FB terug te koppelen naar de seriële ingang DS blijft de code het register doorlopen.
Uiteraard kan men meerdere registers in serie schakelen als men het aantal kanalen wil uitbreiden. De in het gestippelde kader ondergebrachte besturingsschakeling moet dan op slechts één print aanwezig zijn. De CP-, PL- en A/S-signalen van deze ene print besturen dan alle in het volledige systeem aanwezige 4034'ers.

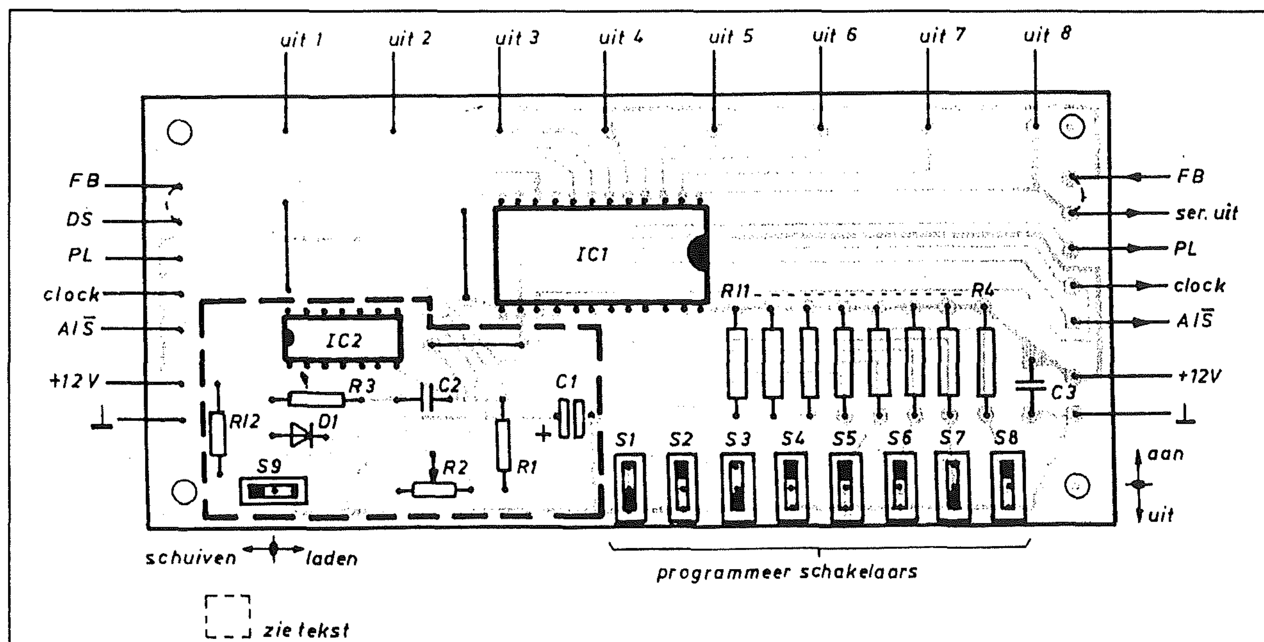
De bouw van de schakeling

Voor de lichtloperbesturing is een op de afmetingen van de universele schakelprint van hoofdstuk 4/15.18 aangepaste print ontworpen, zie figuur 4/15.19-5 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De bouw zal aan de hand van de componentenopstelling van figuur 4/15.19-6 wel geen problemen opleveren.
De uitgangen kunnen rechtstreeks met de ingangen van de universele schakelprint worden verbonden. Als men slechts acht kanalen gebruikt moet de DS-ingang worden doorverbonden met de SER-uitgang via de FB-lijn. Schakelt men meerdere printen in serie, dan wordt een gesloten lus gevormd door de DS-ingang op de meest linkse print te verbinden met de FB, de SER-uitgang van deze print te koppelen met de DS-ingang van de volgende en de SER-uit van de meest rechtse print weer te verbinden met de FB-lijn. Uiteraard moeten alle FB-lipjes op de tussenliggende printen met elkaar worden doorverbonden.
De foto van figuur 4/15.19-7 geeft een indruk van de compleet gemonteerde print.

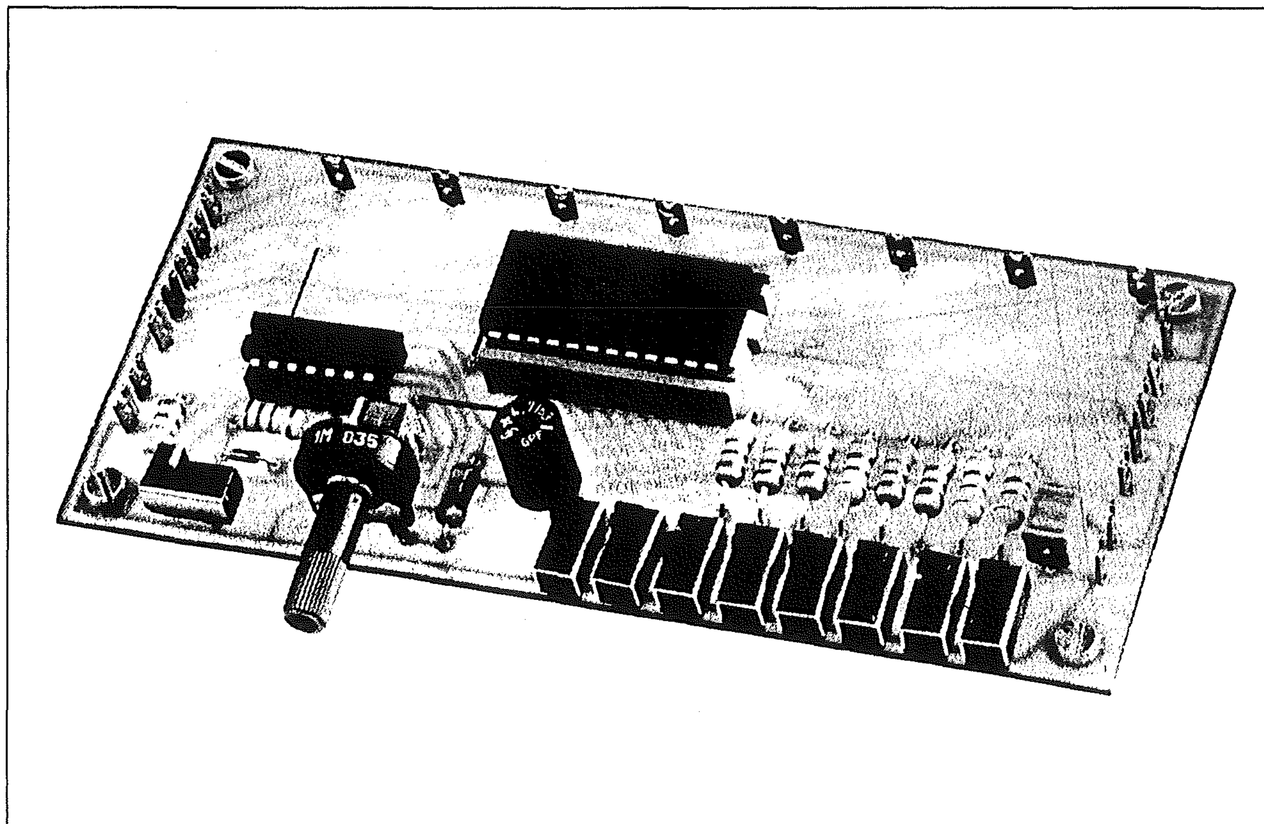
Opmerking

Het zal duidelijk zijn dat de programmering wegvalt als de voedingsspanning van +12 V tot +15 V wordt losgekoppeld! Na het opnieuw inschakelen van de voeding moet men de schakeling dus even opnieuw programmeren, wat dank zij de schakelaartjes natuurlijk heel snel gaat. Het volstaat schakelaar S9 weer even te sluiten.

15.19 Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint

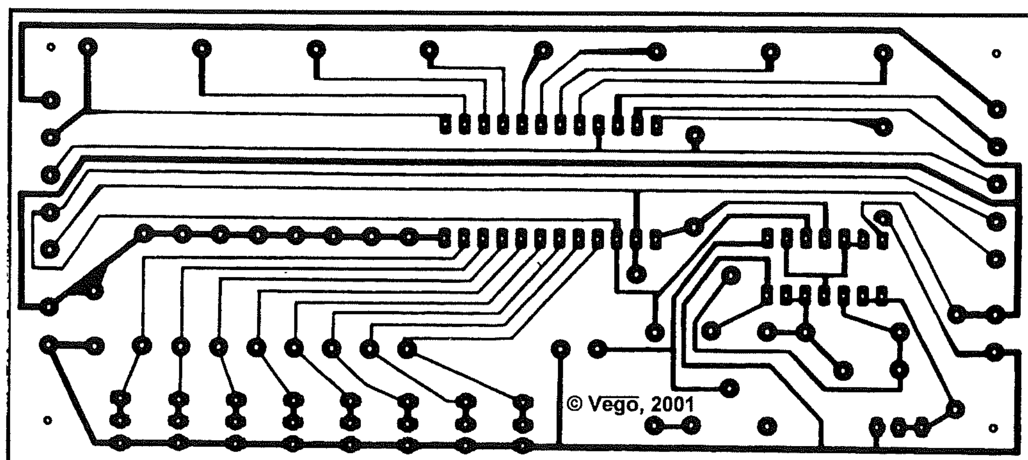


Figuur 4/15.19-6: De componentenopstelling van de schakeling.



Figuur 4/15.19-7: Het compleet gemonteerde proto-type van de schakeling.

15.19 Looplichtbesturing voor de optisch geïsoleerde schakelprint



Figuur 4/15.19-5: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby/** en selecteert uit het hoofdmenu het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

4/15.20

Lichtorgel met pauze kanaal

Inleiding

De meeste lichtorgels die nog steeds heel wat teenagerkamers sieren hebben minimaal drie tot maximaal vijf kanalen. Prachtig, al dat frequentie-afhankelijk lichtgeflits, maar als de muziek even stilvalt heerst absolute duisternis. Dat kan natuurlijk bepaalde voordelen hebben op genoemde kamer, maar die duisternis valt ook in als de CD op is en een nieuwe herriemaker in de lade wordt gelegd. Met het kleine apparaatje dat in dit hoofdstuk wordt beschreven heeft men van de optredende duisternis geen hinder. De schakeling is een éénkanaals lichtorgel dat echter over een tweede zogenaamd pauze kanaal beschikt. Dit tweede kanaal wordt opengestuurd als er geen geluidssignaal aan de ingang wordt aangelegd.

Het schema

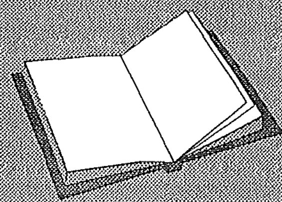
Het schema van de schakeling is zo eenvoudig, dat dadelijk het schema wordt besproken. Het volledig schema is getekend in figuur 4/15.20-1.

Om bepaalde schakeltechnische redenen is gekozen voor besturing van de lampen met thyristoren in plaats van met triac's. Het grote onderscheid met de meeste lichtorgelschakelingen is dat nu de netwisselspanning eerst door middel van een bruggelijkrichter wordt gelijkgericht. Deze gelijkrichter is opgebouwd uit vier siliciumdioden D5 tot en met D8. Het voordeel zal duidelijk zijn en is getekend in figuur 4/15.20-2. Zoals men weet kan een thyristor alleen geleiden als de spanning op de anode positief is ten opzichte van de spanning op de kathode. In dit opzicht gedraagt een thyristor zich als een normale diode.

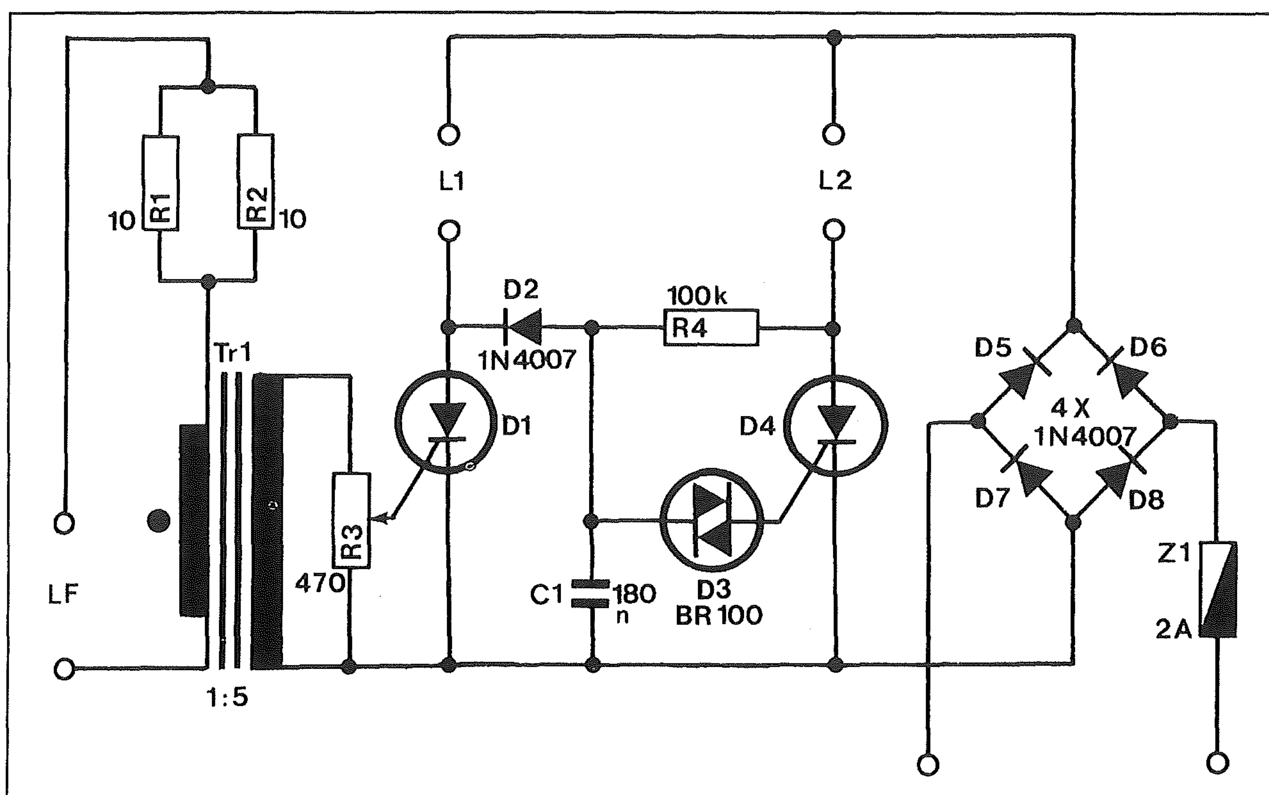
De netspanning is uiteraard afwisselend positief en negatief. Als we de netspanning zonder meer aan de serieschakeling van een thyristor en een lamp leggen zal de thyristor sperren gedurende de negatieve cyclussen van de netspanning. Ook de lamp zal dan natuurlijk niet branden. Het gevolg is dat de intensiteit van de lamp niet maximaal is.

Als we, zoals getekend in figuur 4/15.20-3, de netspanning eerst door middel van een brugschakeling gelijkrichten wordt het negatieve gedeelte van het net omgezet in een positief verlopende spanning.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.14
Hoofdstuk 4/15.10



15.20 Lichtorgel met pauze kanaal



Figuur 4/15.20-1: Het volledig schema van het lichtorgel met pauze kanaal.

De thyristor kan nu, als hij gestuurd wordt door een signaal op de gate, de volledige periodeduur van de netspanning blijven geleiden. De lamp krijgt dus meer spanning aangeboden, zodat ook de intensiteit gelijk is aan de normale waarde.

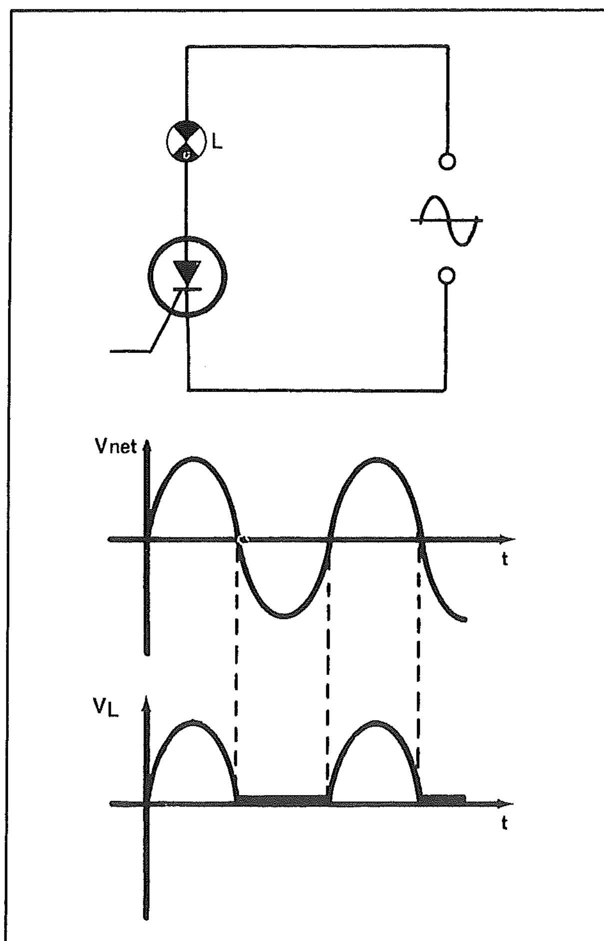
De spanning van de luidspreker van een versterker wordt door middel van twee parallel geschakelde kleine weerstandjes R1 en R2 aangesloten op de primaire wikkeling van een scheidingstrafo. Voor dit trafootje kan een 1/10 of 1/5 scheidingstrafo worden ingezet. Denk er aan dat de primaire wikkeling wordt aangeduid door middel van een gekleurde vlek. De wikkelverhouding wil wel eens van fabrikaat tot fabrikaat verschillen. De wikkelverhouding, de verhoudingen van het aantal windingen van de primaire wikkeling tot het aantal windingen van de secundaire wikkeling, mag echter niet onder de 1/3 zitten. Hoe groter de wikkelverhouding, hoe gevoeliger de schakeling wordt.

De secundaire van de trafo wordt afgesloten door een potentiometer van 470 Ω. De loper van dit onderdeel stuurt rechtstreeks de gate van de eerste thyristor. De werking zal duidelijk zijn. Wil de thyristor ontsteken (in geleiding komen), dan moet er minstens 0,7 V tussen kathode en gate aanwezig zijn. Het ontsteekpunt is dus afhankelijk van de grootte van de secundaire spanning en dus ook van het volume van het geluidssignaal.

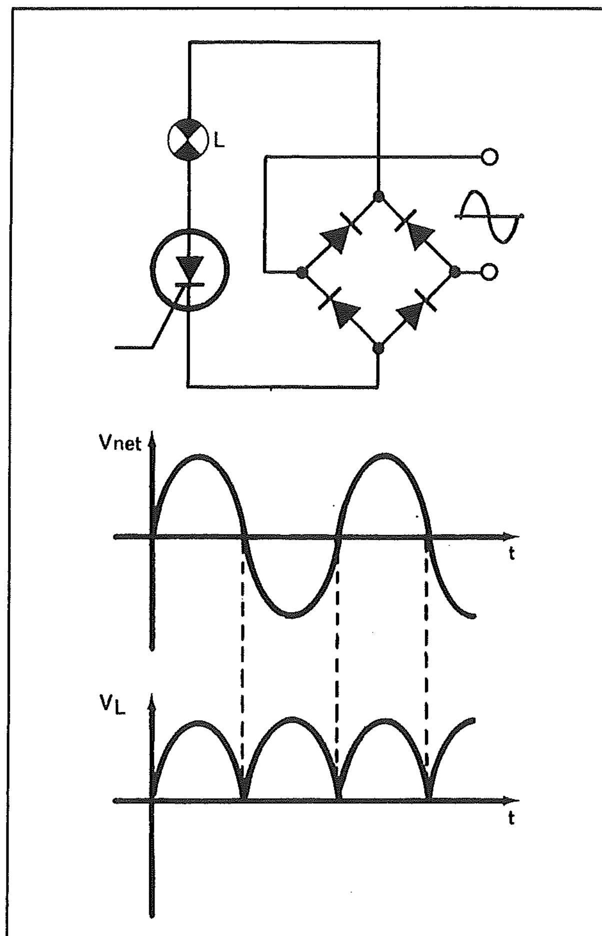
Als men de loper van de potentiometer in de bovenste stand zet zal de thyristor ontsteken door een geluidssignaal dat 0,7 V in de secundaire wikkeling tot gevolg heeft. Als men de loper in de middenstand zet wordt er in de gatekring een

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal

spanningsdeler gevormd en moet het geluidsvolume groter zijn, wil er over de gate-kathode junctie van de halfgeleider een spanning van 0,7 V ontstaan. Door middel van deze regeling kan men dus de werking van de schakeling aanpassen aan het volume van de versterker. Met volledig opengedraaide potentiometer en met een scheidingstrafo met een wikkelverhouding van 1/10 zal de lamp ontstoken worden op normaal huiskamerniveau van het geluid.



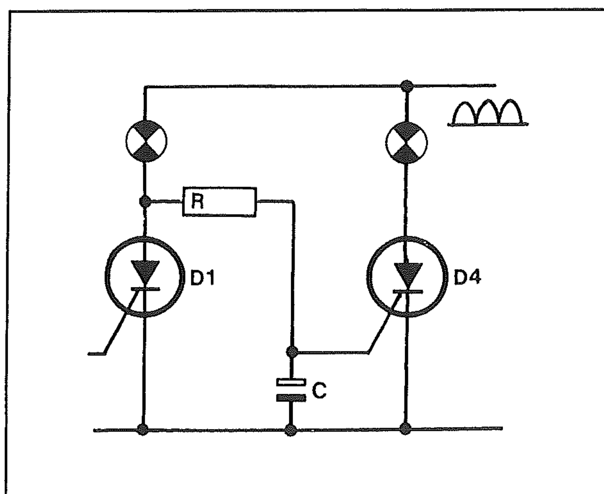
Figuur 4/15.20-2: De normale besturing van een lamp door middel van een thyristor. De lamp wordt alleen gestuurd gedurende de positieve halve perioden van de netspanning.



Figuur 4/15.20-3: Door het tussenschakelen van een bruggelijkrichter worden de negatieve halve perioden van de netspanning "omgeklapt", zodat ook zij door de thyristor worden verwerkt.

Nu kunnen we de werking van het tweede gedeelte van de schakeling, het pauze kanaal van het lichtorgel, bespreken. De thyristor D4 moet in geleiding gestuurd worden als de lamp L1 van het lichtorgel niet brandt. Met andere woorden: als de eerste thyristor spert moet de tweede in geleiding worden gestuurd. De eenvoudigste manier waarop dit kan is getekend in figuur 4/15.20-4.

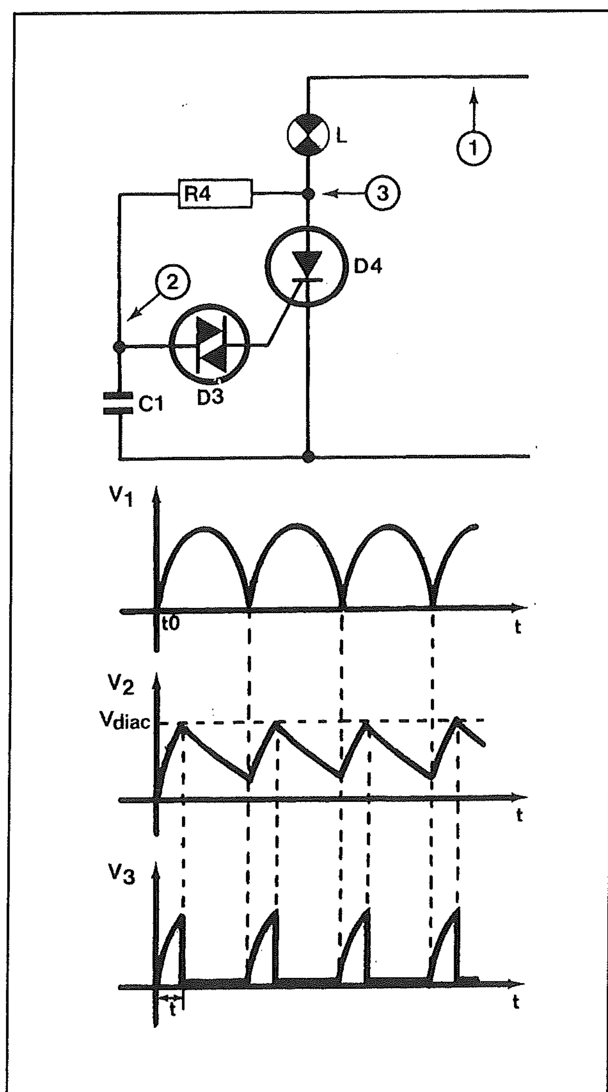
15.20 Lichtorgel met pauze kanaal



Figuur 4/15.20-4: Een eenvoudige besturing van het pauze kanaal via een vermogensweerstand en een elco.

De gate van de tweede thyristor wordt door middel van een weerstand verbonden met de anode van zijn soortgenoot. Als de eerste lamp brandt wil dit zeggen dat de eerste thyristor geleidt. De anode is dan verbonden met de kathode en over het onderdeel staat geen spanning. Door de weerstand R vloeit dus geen stroom, zodat de tweede elektronische schakelaar D4 niet wordt gestuurd. De pauze lamp is gedoofd. Als de eerste thyristor spert staat de anode op het potentiaal van de gelijkgerichte netspanning. Via de weerstand R vloeit er een stroom in de gate van de tweede thyristor, zodat deze halfgeleider ontsteekt. Tussen de gate en de kathode is een kleine elektrolytische condensator opgenomen. Deze heeft tot taak het ontsteekmoment van de tweede thyristor een fractie van een seconde te vertragen.
Wat gebeurt er namelijk zonder deze elco? Als de eerste thyristor even spert, al is het maar een fractie van een seconde, dan zal de tweede schakelaar ontsteken waardoor de pauze lamp een lichtflits opwekt. De spertijd van de eerste thyristor is echter in dit geval zo kort dat de eerste lamp rustig licht blijft uitstralen. Een lamp heeft immers een bepaalde afkoelperiode waarin ze, ondanks het feit dat ze niet meer wordt gevoed, toch nog licht uitstraalt. Beide lampen branden dan gezamenlijk en dat is niet de bedoeling.
Hoewel deze schakeling erg leuk werkt, heeft ze één groot nadeel. Het vermogen dat in de weerstand R wordt opgewekt is, gemeten naar elektronische normen, erg hoog. Men moet dus een 10 W weerstand toepassen die dan toch nog erg heet wordt. Niet alleen is zo'n weerstand erg volumineus, maar bovendien is het niet mogelijk de schakeling in een klein kastje onder te brengen. Er ontstaan gegarandeerd koelingsproblemen!
Vandaar dat we gezocht hebben naar een elegantere oplossing, die weliswaar wat meer onderdelen kost, maar niet geplaagd wordt door verhittingsproblemen. De oplossing ziet u in het algemeen schema van figuur 4/15.20-1. De schakeling rond de tweede thyristor is in feite niets anders dan een eenvoudige lichtdimmer schakeling. Wie deze schakeling vergelijkt met het schema van de in hoofdstuk 4/15.10 gepubliceerde lichtdimmer, zal deze gelijkenis dadelijk opmerken. De weerstand R4 vormt, samen met de condensator C1, het RC-netwerk dat het ontsteken van de thyristor op het juiste moment regelt. De triggerdiode D3, een diac, zorgt ervoor dat de spanning over de condensator tot ongeveer 30 V moet stijgen, alvorens de thyristor ontsteekt. De werking van de schakeling is grafisch voorgesteld in figuur 4/15.20-5. Op tijdstip t0 begint één cyclus van de netspanning. De condensator C1 zal zich via de weerstand R4 opladen tot, na een bepaalde tijd Δt, de condensatorspanning gelijk wordt aan de doorslagspanning van de diac.

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal



Figuur 4/15.20-5: De besturing van de pauze lamp is in feite niets meer dan een vereenvoudigde dimmer-schakeling.

Er vloeit stroom in de gate van de thyristor en deze ontsteekt. De halfgeleider kan als een kortsluiting gezien worden zodat de lamp met de massa verbonden wordt en gaat branden.
Uit deze figuur volgt dus duidelijk dat de lamp niet gedurende de volledige cyclus van de netspanning verbonden is met deze spanning. Tijdens de tijd Δt zal de lamp gedoofd blijven. Hoewel men dus theoretisch zou mogen verwachten dat de intensiteit van de lamp zal dalen door gebruik te maken van deze schakeling, valt dit in de praktijk erg mee. Het is namelijk zo, dat zal iedereen kunnen beamen die een lichtdimmer in gebruik heeft, dat het wat lichtopbrengst betreft weinig uitmaakt of een lamp gedurende de volle 100 % van de netcyclus aangeschakeld is of slechts gedurende 90 %.
De waarden van de condensator C1 en de weerstand R4 zijn zo gekozen dat de vertraging in ontsteking van de lamp niet zichtbaar is.
Tot nu toe hebben we geen rekening gehouden met de aanwezigheid van de diode D2. Deze diode zal ervoor zorgen dat de tweede thyristor alleen kan ontsteken als de eerste niet geleidt. Wat is namelijk het geval? Als er een geluidssignaal aan de ingang van de schakeling wordt aangeboden zal de eerste thyristor D1 geleiden. De anode wordt verbonden met de kathode en ligt bijgevolg aan massa. De kathode van diode D2 ligt op massapotentiaal. De condensator C1 zal zich niet kunnen opladen tot de ontsteekspanning van de triggerdiode D4. Als de spanning over de condensator C1 groter wordt dan 0,7 V gaat de diode D2 geleiden. De tweede thyristor blijft in sper zitten, zodat zijn lamp niet kan branden.
Als het geluidssignaal aan de ingang van de schakeling wegvalt zal de eerste thyristor sperren. De spanning op de anode wordt gelijk aan de voedingsspanning. De condensator C1 kan zich nu rustig opladen tot op de doorslagspanning van de diac. De tweede thyristor D4 ontsteekt en de pauze lamp wordt met de spanning verbonden.
Ook bij deze schakeling bestaat er een bepaalde inschakelvertraging.

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R2	10 Ω
R4	100 kΩ

POTENTIOMETER, MONO, LINEAIR

R3	470 Ω

CONDENSATOR

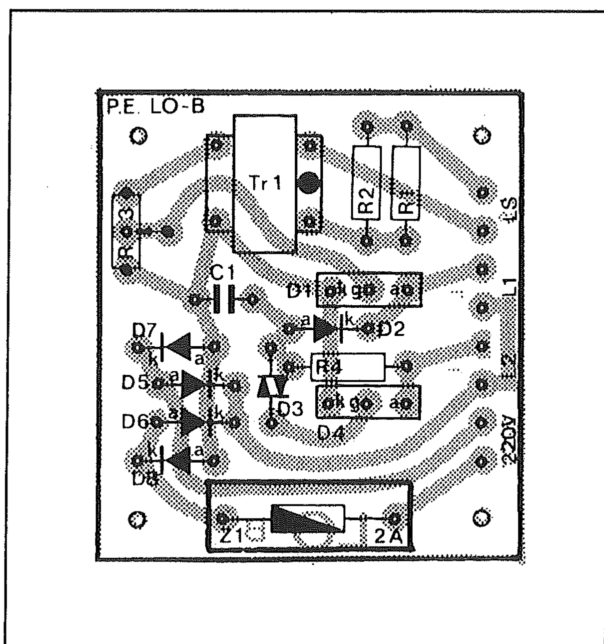
C1	180 nF	MKH

HALFGELEIDERS

D1,D4	thyristor, 400 V, 4 A
D2,D5,D6,D7,D8	1N4007
D3	diac

DIVERSEN

Tr1	scheidingstrafo, 1/10 of 1/5
1	zekeringhouder print
1	zekering 2 A
1	printconnectorblokje, 8 pennen



Figuur 4/15.20-7: De componentenopstelling van de print.

Het duurt namelijk een paar cyclussen van de netspanning alvorens de spanning over de condensator gelijk wordt aan de doorslagspanning van de diac.

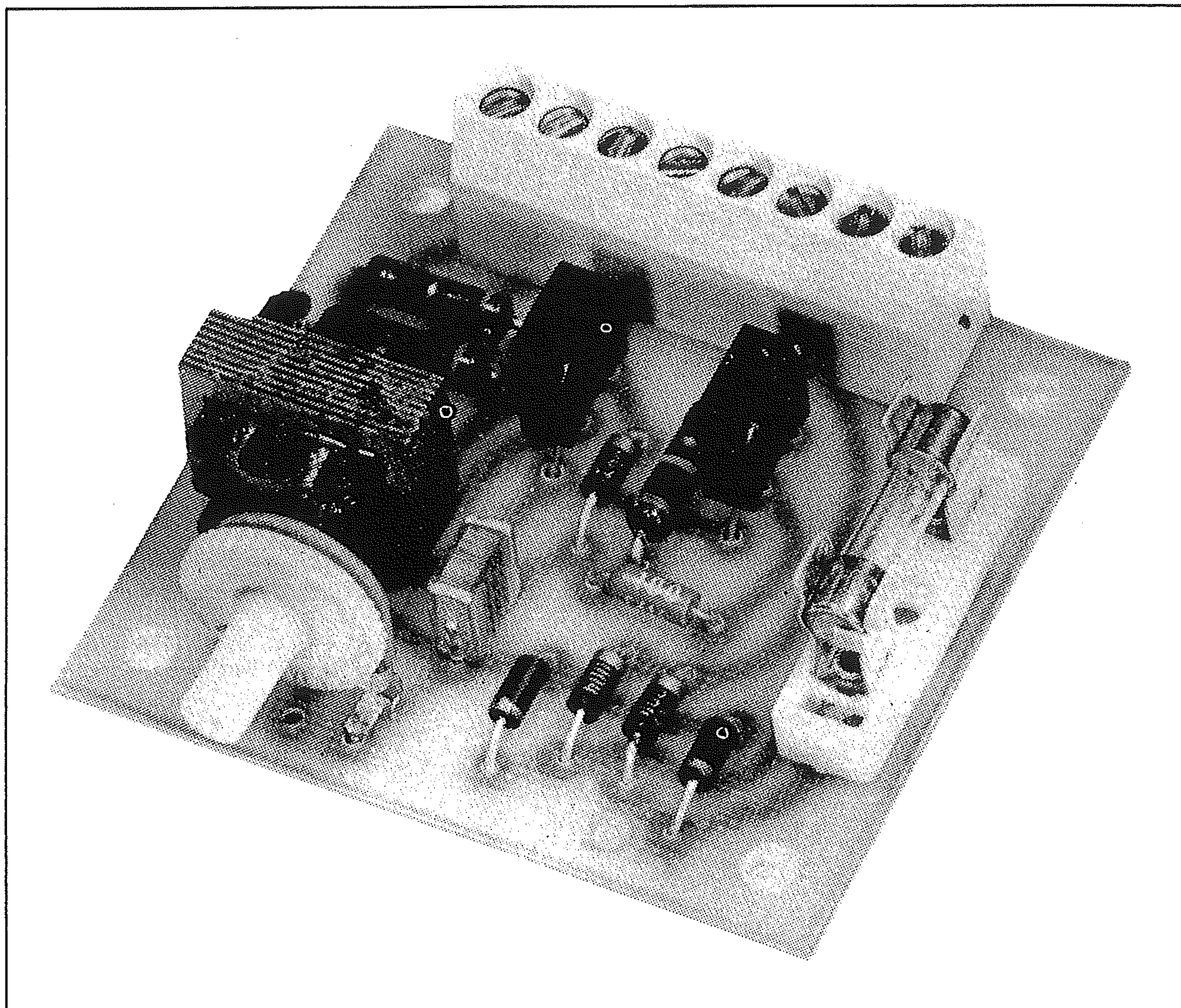
De bouw van de schakeling

Voor deze eenvoudige schakeling is een print ontworpen, getekend in figuur 4/15.20-6 op de laatste pagina van dit hoofdstuk.

De componentenopstelling is getekend in figuur 4/15.20-7.

Alle in- en uitgangen zijn op een rijtje gezet, aan één kant de van de print. Men kan de in totaal acht extern te verbinden punten voorzien van soldeeroogjes. Vergeet echter niet dat zes van die acht pennetjes de 230 V netspanning voeren en dat voorzichtigheid zeker op zijn plaats is!

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal

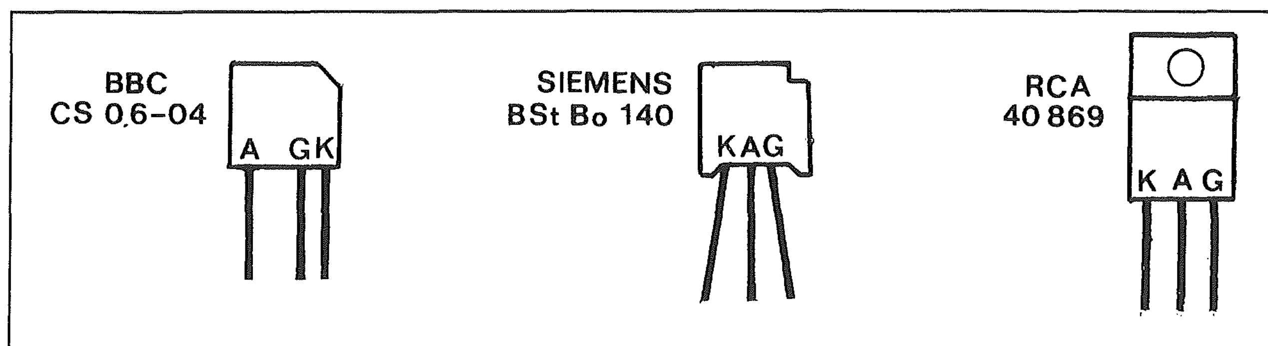


Figuur 4/15.20-8: Het prototype van de schakeling.

Vandaar dat we de print zo ontworpen hebben dat men een zogenaamd kabelaansluitblokje voor printmontage in de print kan solderen. Dit is niets anders dan een soort kroonsteentje, voorzien van pennetjes op een onderlinge afstand van 5 mm, dat in een print wordt gesoldeerd. Het door ons in het prototype gebruikte blokje was van het merk Lumberg. Er zijn blokjes met 4, 6 of 8 aansluitingen in de handel, zodat men ofwel eentje met 8, ofwel twee met 4 aansluitingen moet kopen. Het solderen van de overige onderdelen zal geen problemen opleveren als men de informatie van figuur 4/15.20-7 en de foto van figuur 4/15.20-8 goed bestudeert. Let wel op de positie van de dioden! Het enige waarmee problemen kunnen ontstaan zijn de thyristoren. Dit voornamelijk omdat er zoveel verschillende typen in de handel zijn, met allemaal een eigen aansluitcode.

Waar men in ieder geval op moet letten is dat de stroom minstens 4 A moet bedragen en dat de sperspanning minstens 400 V moet zijn.

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal



Figuur 4/15.20-9: De aansluitgegevens van de meest voorkomende thyristor behuizingen.

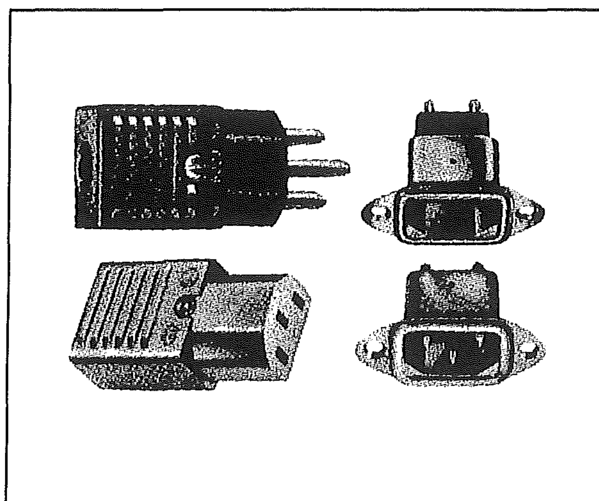
Aan deze voorwaarden voldoen bijna alle thyristoren die verkrijgbaar zijn. Een volgend probleem vormt de aansluitcode van de gebruikte thyristoren. Halfgeleiderfabrikanten hebben helaas niet de gewoonte dergelijke zeer nuttige informatie op het huisje van hun producten te vermelden. In figuur 4/15.20-9 hebben we de aansluitcode van de meest voorkomende behuizingen geschetst.

Afwerking

In verband met de aanwezigheid van de netspanning op verschillende punten in de schakeling is het noodzakelijk het printje in een kastje in te bouwen. Een kunststof kastje heeft uiteraard de voorkeur. Een waarschuwing is op zijn plaats wat betreft de potentiometer R3. Op de foto is te zien dat wij bij het prototype een instelpotentiometer hebben gebruikt. Dit hebben we alleen maar gedaan voor het testen van de schakeling. Vergeet niet dat deze potentiometer verbonden is met de netspanning. Bij inbouw in een kastje moet deze instelpotentiometer vervangen worden door een echte potentiometer, met ***kunststof as***.

De aansluiting van het net en de verbinding van het printje met de lampen vraagt enige toelichting. Men kan natuurlijk normale stopcontacten gebruiken, maar die staan afzichtelijk op zo'n klein kastje.

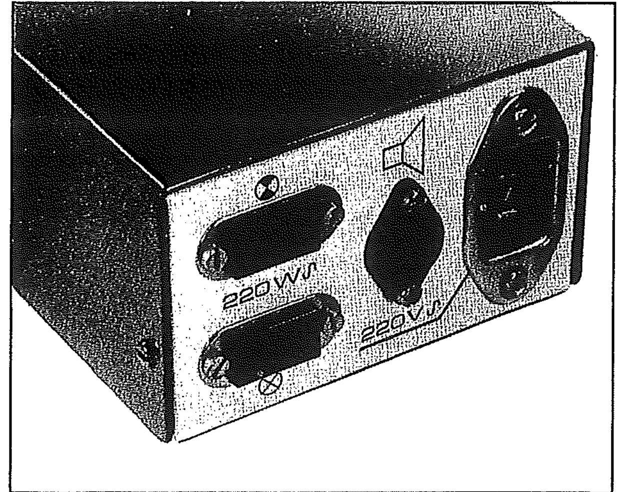
Gelukkig zijn er zogenaamde Euro stekkers en chassisdelen in de handel die veel kleiner zijn en geschikt voor het verbinden van de netspanning, zie figuur 4/15.20-10. Voor het verbinden van het net met het apparaat wordt een beroep gedaan op een mannelijk Euro-chassisdeel, u weet wel, zo'n ding met pennetjes. De lampen worden op het kastje aangesloten door middel van vrouwelijke chassisdelen die voorzien zijn van gaatjes.



Figuur 4/15.20-10: De in het prototype gebruikte Euro chassisdelen voor het aansluiten van de netspanning (mannelijk chassisdeel) en van de lampen (vrouwelijk chassisdeel).

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal

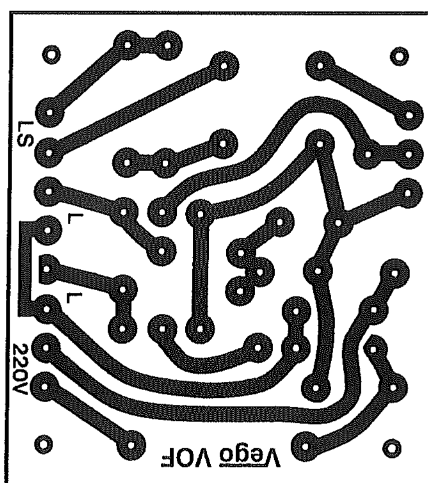
De luidspreker kan door middel van een mannelijk DIN-chassisdeel worden verbonden met de luidsprekeruitgang van de versterker. Hoe de achterkant van het kastje er, na de noodzakelijke mechanische bewerkingen, uitziet is geschetst in figuur 4/15.20-11.



Figuur 4/15.20-11: De achterkant van de behuizing na het aanbrengen van alle in- en uitgangen.

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal

15.20 Lichtorgel met pauze kanaal



Figuur 4/15.20-6: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby/** en selecteert uit het hoofdmenu het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

4/15.21

Alarm knipperlicht met groot vermogen

Inleiding

Iedere alarmcentrale heeft een relaisuitgang waarop men een knipperlicht kan aansluiten. De bedoeling is dat dit knipperlicht aan de buitengevel wordt gemonteerd en gaat knipperen op het moment dat het alarm wordt geactiveerd. Hiervoor zijn mooie, maar dure oplossingen in de handel. Continu brandende lampen, voorzien van een ronddraaiende spiegel, die voor het "knipperend" effect zorgt. Er zijn ook apparaten leverbaar die heel wat goedkoper zijn en uitgerust zijn met een speciale lamp met ingebouwd bi-metaal. Het aan de gevel monteren van dergelijke apparaten heeft echter toch heel wat consequenties. Men moet een twee-aderige kabel van de alarmcentrale door het huis en door de voordeur of gevel naar buiten voeren. Niet erg netjes!

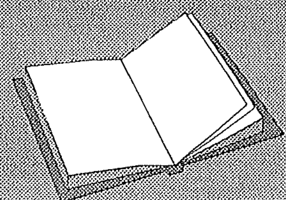
Een alternatief

De in dit hoofdstuk beschreven schakeling biedt een goedkoop alternatief. Er wordt uitgegaan van een gewone, goedkope mistlamp voor de auto, te koop in iedere garage. Deze lamp wordt gestuurd door een astabiele multivibrator die wordt aangesloten op de genoemde relaisuitgang van de alarmcentrale. Het geheel kan worden ingebouwd in een standaard Teko-kastje en kan bijvoorbeeld voor een raam worden geplaatst tussen de kamerplanten. De lamp schijnt dan naar buiten en zal door korte maar intense lichtflitsen ongetwijfeld de aandacht van iedere buurtbewoner en voorbijganger trekken.

De lamp met bi-metaal

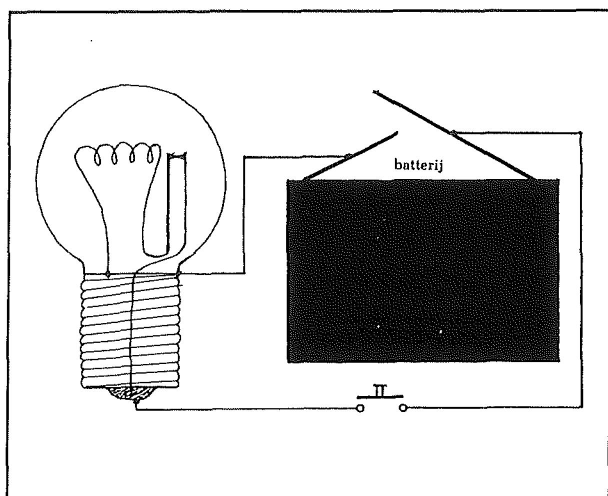
Het is in dit kader misschien wel leuk om even te verklaren hoe de standaard knipperlampen met speciale bi-metaal lamp werken. Dit is figuur 4/15.21-1 voorgesteld. Het bi-metaal bestaat uit twee op elkaar gelaste metalen met een verschillende uitzettingscoëfficiënt. In koude toestand, wanneer de lamp niet brandt, is het bi-metaal contact gesloten. Dit contact is in serie met de lamp, de hoofdschakelaar en de accu verbonden. Wordt de schakelaar gesloten, dan zal er stroom door de kring vloeien. Het spiraaltje in de lamp licht op en wordt uiteraard flink warm. Daar het bi-metaal bij de gloeidraad is geplaatst, wordt dit eveneens opgewarmd. Het ene metaal wil meer uitzetten dan het andere, er ontstaan grote mechanische

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/9.3
Hoofdstuk 4/15.15

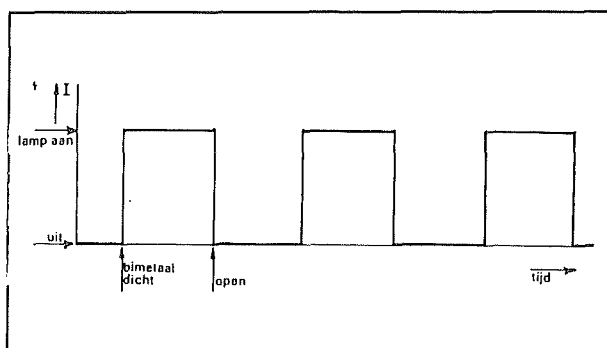


15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen

spanningen in het metaal, waardoor dit kromtrekt. Hierdoor opent het bi-metaal contact, de stroomkring wordt onderbroken. Het lampje dooft, het bi-metaal koelt af en trekt weer recht, zodat het contact opnieuw sluit en het proces opnieuw begint. Dit herhaalt zich, tot men de lamp uitschakelt of wacht tot de batterijen leeg zijn. De werking van zo'n lamp kan grafisch worden weergegeven zoals in figuur 4/15.21-2 is getekend.



Figuur 4/15.21-1: De werking van een knipperlamp met bi-metaal.



Figuur 4/15.21-2: De werking van de lamp grafisch toegelicht.

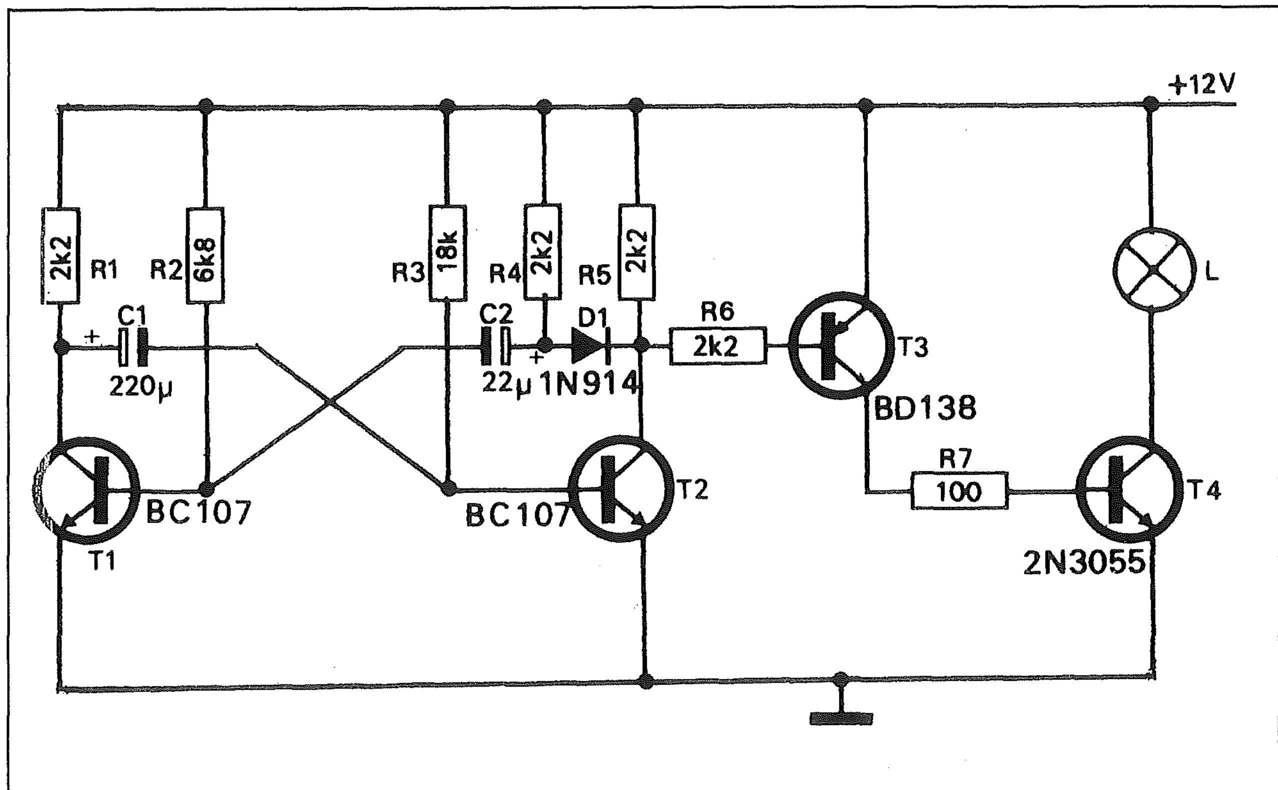
De elektronische schakeling

De werking van een elektronische knipperschakeling moet eveneens aan deze grafiek voldoen. Maar dit is dan ook de enige overeenkomst met de schakeling van figuur 4/15.21-1! Hetgeen in deze schakeling mechanisch met een "warmtecontact" gebeurde, moet nu worden omgezet in een elektronische functie.
Wanneer men het schema van figuur 4/15.21-3 bekijkt, valt het onmiddellijk op dat hiervoor een vrij ingewikkelde schakeling nodig is. Hier valt echter niet aan te ontkomen, een standaard mistlamp van 12 V, 21 W trekt bijna 2 A aan stroom. Hier is het bi-metaaltje uit het voorbeeld niet tegen opgewassen. Behalve het grotere vermogen dat elektronisch kan worden gestuurd is een bijkomend voordeel dat de flitsduur en de flitsfrequentie elektronisch zeer eenvoudig zijn te regelen.
De schakeling valt uiteen in twee delen. Het linker gedeelte met de transistoren T1 en T2 is een zogenaamde astabiele multivibrator. Deze schakeling zorgt voor de knipperfrequentie van de lamp. Elektronica werd vroeger wel eens zwakstroomtechniek genoemd, daar de schakelingen meestal met zeer kleine stromen werken.
Deze astabiele multivibrator werkt eveneens zeer zwakstroomachtig. Om nu toch de hoogvermogen lamp te sturen is het rechter gedeelte van de schakeling noodzakelijk. De transistoren T3 en T4 vormen een stroomversterker, die de kleine stroompjes van de multivibrator oppeppen tot de nodige 2 A.

De astabiele multivibrator

In deze schakelingen zijn de elementen die het voor het zeggen hebben twee NPN transistoren van het type BC107. In deze multivibrator werken de transistoren als schakelaars. In deze functie kennen de halfgeleiders twee toestanden: geleiden of niet geleiden.

15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen



Figuur 4/15.21-3: Het schema van het elektronisch knipperlicht.

Het wel of niet stroomgeleiden is afhankelijk van een “bevel” op de basis van de transistor. Voor de in deze schakeling gebruikte silicium transistoren geldt dat de basis 0,7 V positief moet zijn ten opzichte van de emitter. Als dit spanningsverschil aanwezig is, zal de transistor stroom doorlaten. Wordt de basis met de emitter verbonden door middel van bij voorbeeld een weerstand, dan zal de transistor sperren. In de astabiele multivibratorschakeling wordt van deze eigenschap handig gebruik gemaakt. De weerstanden R1 en R5, die in de collectors van de transistoren staan, zorgen ervoor dat de halfgeleiders kunnen werken. Verder merkt men op dat de beide basissen via een weerstand (R2, R3) met de +12 V verbonden zijn. Men zou dus verwachten dat beide transistoren geleiden en er verder niets in deze schakeling gebeurt. Gelukkig zijn de condensatoren C1 en C2 er nog, die voor wat leven in de brouwerij zorgen.

Condensatoren hebben als voornaamste eigenschap dat ze alleen wisselspanningen en snelle spanningssprongen doorlaten. Iedere gelijkspanning versperren ze onverbiddelijk de weg. Behalve op die eigenschap, berust de werking van de astabiele multivibrator op het feit dat er geen twee helemaal identieke transistoren op de wereld bestaan. De ene geleidt bijvoorbeeld iets sneller de stroom dan de andere. Bij het inschakelen van de multivibrator willen beide transistoren gaan geleiden, omdat hun basissen met de voeding verbonden zijn. Stel dat bijvoorbeeld T1 sneller in geleiding komt dan T2. De “schakelaar” T1 sluit dus iets eerder dan T2. Door het sluiten van de T1 wordt de

15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen

collector van deze transistor met massa verbonden. Dat wil zeggen dat er op die collector een negatieve spanningssprong van 12 V ontstaat. Toen de transistor nog open was, werd de collector inderdaad via de weerstand R1 met de 12 V verbonden. De condensator C1 laat deze negatieve spanningssprong door en deze belandt op de basis van transistor T2. Geschrokken door deze opdonder op zijn basis, besluit deze transistor te gaan sperren.
Deze toestand, waarbij T1 geleidt en T2 spert, noemt met de eerste stabiele toestand van de multivibrator. De collector van de tweede halfgeleider is met de voedingsspanning verbonden.
De negatieve spanning op de basis van deze transistor vloeit langzaam af naar de voedingsspanning via de weerstand R3. Na een bepaalde tijd, afhankelijk van de grootte van deze weerstand, is de negatieve spanning volledig verdwenen en wordt de basis positief ten opzichte van de emitter. Het beschreven proces gaat zich nu opnieuw voordoen, maar nu draaien de transistoren hun rollen om. Door het openen van T2 ontstaat er een negatieve spanningssprong op de collector, deze wordt via condensator C2 naar de basis van T1 teruggekoppeld, deze gaat sperren.
Gevolg is dus dat nu de collector van T2 met massa wordt verbonden, daar deze halfgeleider geleidt.
Besluit uit dit hele verhaal is, dat op de collector van T2 een spanning ontstaat, die "knippert" tussen 0 V en 12 V. De frequentie van dit knipperen heeft men volledig in de hand, daar deze afhankelijk is van de waarde van de verschillende onderdelen.
De werking van de componenten R4 en D1 bleef tot nu toe onbesproken. Deze onderdelen zorgen ervoor dat de spanning op de collector van T2 zeer snel omschakelt van 0 V naar de voedingsspanning.

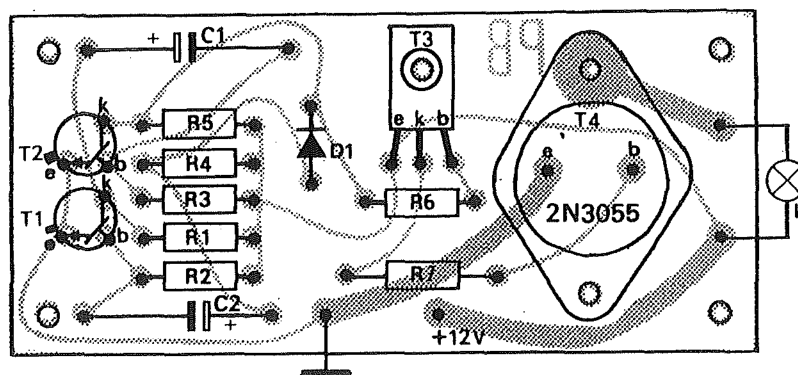
De uitgangstrap
Zoals reeds opgemerkt moet de spanning op de collector van T2 omgezet worden in een forse stroom door de lamp. Transistor T3 is van het PNP-type. Dergelijke transistoren geleiden stroom als de basis negatiever is dan de emitter. De emitter is met de voedingsspanning verbonden. Als transistor T2 niet geleidt, is eveneens de basis van T3 met de +12 V verbonden via de weerstanden R5 en R6. De transistor is in rust. Als T2 geleidt wordt de basis van T3 evenwel via de weerstand R6 en de geleidende transistor T2 met de massa verbonden. De basis is dus negatiever dan de emitter, de transistor gaat stroom voeren. Deze stroom kan uiteraard niet anders dan via weerstand R7 in de basis van de laatste transistor vloeien. Gevolg is dat die eveneens gaat geleiden en ongeveer 2 A door de 21 W lamp stuurt.
Met kan zich de vraag stellen waarom twee transistoren nodig zijn om de lamp te sturen. Welnu, net zo min als men met een nachtlamp schakelaartje een 2000 W straalkachel kan schakelen, kan men met een gewone transistor een 21 W lamp sturen. De meeste kleine transistoren, zoals de BC107, kunnen maximaal 100 mA schakelen. Dit is een grenswaarde en in verband met de levensduur van de halfgeleider is het niet aan te bevelen hem dergelijke stromen te laten schakelen. Transistor T2, bijvoorbeeld, moet slechts 5,5 mA verwerken. In transistor T3 wordt deze stroom versterkt tot 120 mA. Deze transistor, de BD138, is forser van bouw en heeft geen moeite met deze stroom. Transistor T4, tenslotte, behoort tot het ras der vermogenstransistoren en kan tot 10 A schakelen.

15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen

ONDERDELENLIJST

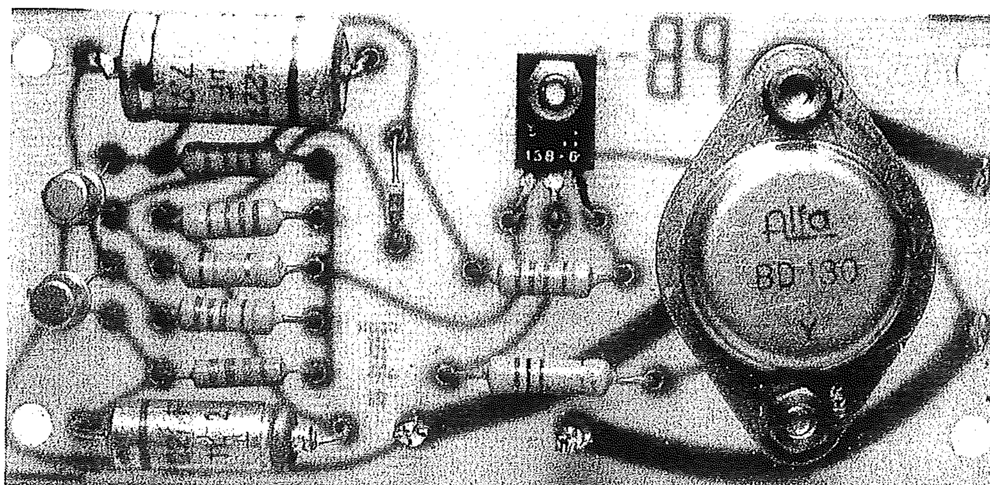
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %		
R1,R4,R5,R6	2,2 kΩ	
R2	6,8 kΩ	
R3	18 kΩ	
R7	100 Ω	
CONDENSATOREN		
C1	220 µF	16 V radiale elco
C2	22 µF	16 V radiale elco
HALFGELEIDERS		
D1	1N4148	
T1,T2	BC107	
T3	BD138	
T4	2N3055	
DIVERSEN		
1	lamp, 12 V, 21 W	
1	behuizing, Teko type P3	

De bouw van de schakeling
De schakeling is ondergebracht op een printje van 100 mm x 45 mm en voorgesteld in figuur 4/15.21-4 op de laatste pagina. Op de print is plaats voor alle onderdelen, natuurlijk met uitzondering van de lamp. De gaatjes voor de bevestiging van de BD138 en de 2N3055 moeten worden verruimd tot 3,5 mm. Hetzelfde geldt voor de vier hoekgaatjes, waarmee de print bevestigd wordt.

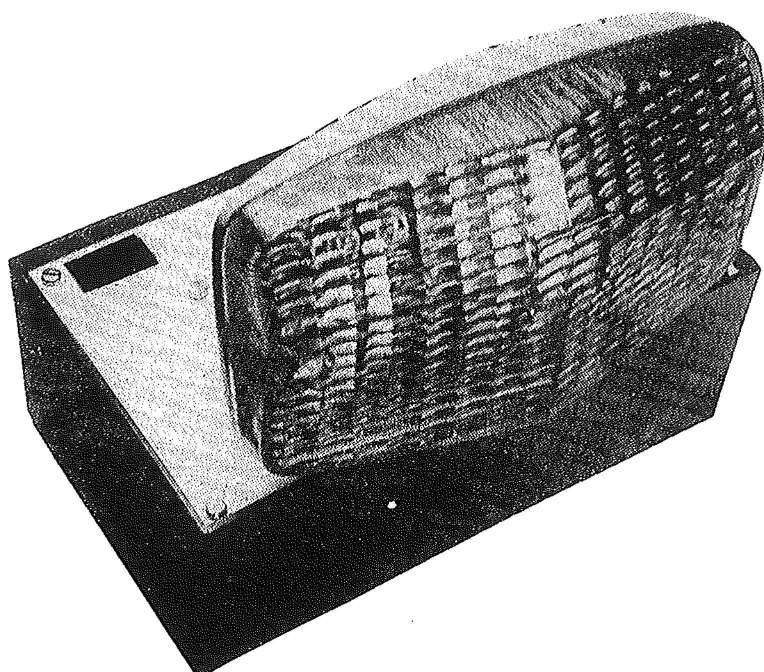


Figuur 4/15.21-5: De componentenopstelling van de schakeling.

15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen



Figuur 4/15.21-6: Het prototype van de schakeling.



Figuur 4/15.21-7: Het alarm knipperlicht kan zo voor uw raam worden gezet. Maximale attentiewaarde is het gevolg!

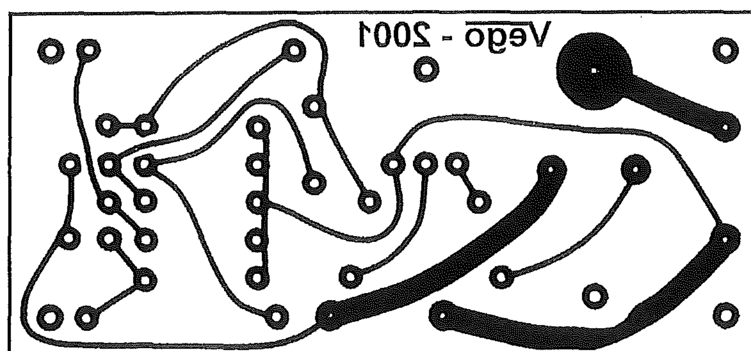
15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen

Bij het insolderen van de onderdelen volgens figuur 4/15.21-5 moet men er vooral goed op letten dat er geen aansluitingen van transistoren worden verwisseld. Ook de diode (de gekleurde ring is de kathode) en de elco's (+ en -) moeten volgens de printtekening worden aangesloten. Het huis van de vermogenstransistor is eveneens de collectoraansluiting, de verbinding met de rest van de schakeling komt tot stand via de bevestigingsschroef. Het verdient aanbeveling het schroefje op het koperen eilandje van de print vast te solderen. Voor T4 kan men zowel de Amerikaanse 2N3055 als de Europese BD130 gebruiken. De goedkopere uitvoering van deze laatste, de BD130Y is, althans voor deze toepassing, goed genoeg en komt dus eveneens in aanmerking.
In figuur 4/15.21-6 wordt een impressie van het gemonteerde prototype gegeven.

Inbouw in een kastje
Nadat het printje is volgebouwd en nog eens vergeleken met de printtekening, kan de schakeling getest worden. Hiervoor kunnen bijvoorbeeld drie 4,5 V batterijen en een 12 V - 3 W autolampje worden gebruikt. De schakeling kan nu in een kastje ingebouwd worden. Voor een handige doe het zelver zal dit zeker geen problemen opleveren. In het prototype werd een 21 W mistachterlicht lamp gebruikt. Deze is voor weinig geld te koop in ieder warenhuis. De lamp werd op het deksel van een Teko type P3 kastje gemonteerd, zie figuur 4/15.21-7.
Het printje werd met vier schroeven en afstandsbusjes aan de onderzijde van het deksel bevestigd. In de plastic achterwand komt één gat voor de voedingskabel.

15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen

15.21 Alarm knipperlicht met groot vermogen



Figuur 4/15.21-4: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby/** en selecteert uit het hoofdmenu het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

4/15.22

Mini belichtingssysteem voor amateur theater

Inhoud

4/15.22.1
Inleiding tot het systeem

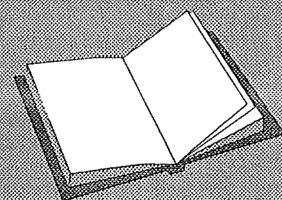
Meer dan 1.000 amateur gezelschappen
Of u het gelooft of niet, er zijn meer dan 1.000 amateurtheater gezelschappen in ons land. En of deze zich nu bezig houden met schooltoneel, kluchten, het ernstige of het moderne repertoire, met licht krijgen ze allemaal te maken. Licht of liever belichting en lichteffecten vormen een wezenlijk onderdeel van ieder theaterstuk. Keuzemogelijkheid uit het aanbod van lichtregelapparatuur is er in overvloed. Digitale besturing middels de DMX-standaard, computerbesturing, regeltafels met monitor, beweegbare spot's met ingebouwde filters. Alleen, die mooie apparatuur is absoluut onbetaalbaar voor amateurgezelschappen, die vaak met een minimale subsidie en bijdragen van leden moeten zien rond te komen.

Dan maar knutselen met huiskamer dimmers?
Er blijft dus niets anders over dan zelf te gaan knutselen met iets aangepaste huis-, tuin- en keukendimmers of telkens voor een optreden apparatuur te huren. Dat wordt natuurlijk op het laatst ook een dure grap. Bovendien zijn huiskamer dimmers absoluut niet geschikt voor theaterbelichtingen, al is het alleen al vanwege het feit dat de potentiometers van dergelijke apparaatjes meestal rechtstreeks of via een zeer lage weerstand aan de netspanning hangen. Levensgevaarlijk!

Het absoluut minimale systeem
De in dit hoofdstuk beschreven lichtregelinstallatie is ontworpen aan de hand van de resultaten van een enquête onder 500 amateurgezelschappen. Gevraagd werd wat de minimum eisen zijn, die zij aan belichtingsapparatuur stellen, zonder dat er van technische improvisatie sprake zou zijn. Het aan de hand van de resultaten samengesteld mini-systeem kan door een doe-het-zelver voor ongeveer EUR 400,00 worden nagebouwd en is bovendien compatibel met de in de handel zijnde analoge apparatuur. Dat wil zeggen dat het stuurkastje zonder meer dure analoge professionele dimmers kan sturen en dat de in dit hoofdstuk beschreven dimmer kan worden gestuurd met de signalen uit een willekeurige analoge regeltafel.

Bewuste keuze voor analoog
Het zal duidelijk zijn dan bewust niet is gekozen voor een systeem dat werkt met

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.1.1



15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

de tegenwoordig gebruikelijke DMX-standaard. De zelfbouw van een dergelijk digitaal systeem is niet eenvoudig en de voordelen van DMX-besturing komen pas tot uiting in zeer uitgebreide belichtingssystemen met tientallen spot's die via een computer geprogrammeerd worden. In de meeste gevallen werken amateur gezelschappen met een vijftal spot's en die kunnen zonder enig probleem met de hand worden geregeld.

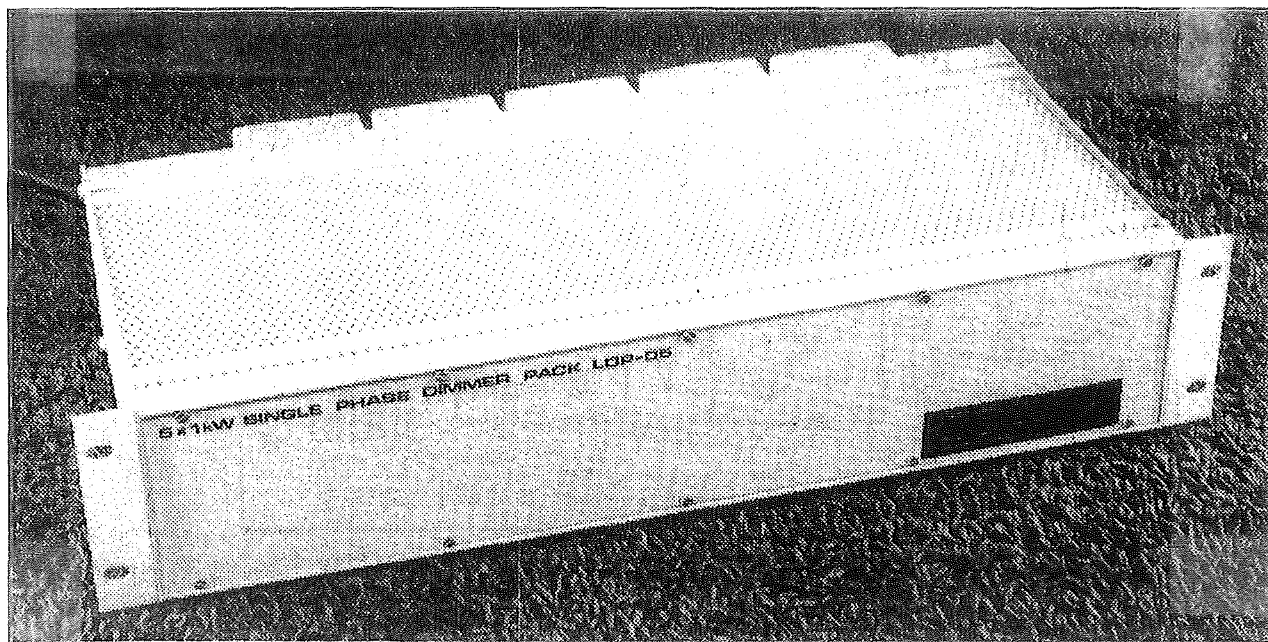
Drie-fase of 230 V?

Ook zo'n moeilijke keuze. Professionele apparatuur bevat vrijwel steeds zes dimmers van 1 kW of 2 kW in één apparaat en het is uiteraard absoluut onmogelijk om 6 kW of 12 kW uit één 230 V groep af te tappen. Dergelijk apparaten worden dus met krachtstroom gevoed, waarbij de zes kanalen twee-aan-twee op de drie fasen van de krachtstroom staan. De maximale belasting per fase bedraagt dan maximaal 2 kW of 4 kW, hetgeen door de standaard groepenzekeringen van 16 A te behappen is. Uit de enquête bleek echter dat er nogal wat amateur groepen zijn, die niet altijd krachtstroom ter beschikking hebben. Er wordt vaak gespeeld in bejaardencentra, parochiezaaltjes en scholen en vaak moet men het stellen met één normale 230 V groep van 16 A.
Vandaar dat bewust is gekozen voor een dimmerkast die enkelfasig werkt, hetgeen uiteraard het maximale vermogen nogal beperkt.

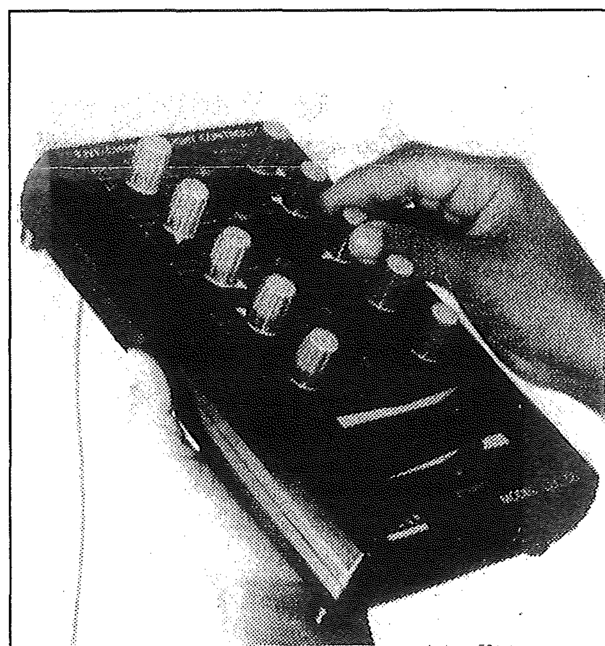
Samenstelling van een lichtregelsysteem

Een systeem voor het regelen van de belichting van toneelproducties bestaat steeds uit twee afzonderlijke apparaten. In de eerste plaats een regeltafel, in de wandeling lichtorgel genoemd, met een min of meer uitgebreid aantal regelaars, schuifpotmeters, knopjes en schakelaars. In de tweede plaats een grote kast met een aantal triac-schakelingen, de eigenlijke dimmers. Dit laatste geheel noemt men in het wereldje "dimmer-pack". Beide apparaten zijn door middel van een kabel verbonden, zodat de dimmer-pack achter het podium kan worden opgesteld en het lichtorgel achter in de zaal, waar de belichtingstechnicus vrij uitzicht op het podium heeft.
Absolute voorwaarde is, dat er in de regeltafel alleen laagspanning is te vinden.
Tussen de dimmers en de regelaars moet een galvanische scheiding bestaan, bestaande uit scheidingstrafo's of optische koppelingen. De meeste in de handel zijnde analoge apparaten zijn compatibel. Afgesproken is, dat een regeltafel een gelijkspanning van 0 V tot +10 V aan de dimmer levert en dat deze daarop reageert met het sturen van de lichtintensiteit tussen 0 % en 100 %. Bij het ontwerpen van het mini-systeem is van deze standaard uitgegaan. Een wezenlijk verschil tussen huis-, tuin- en keukendimmers en regelaars voor theaterspot's is de mate van ontstoring. Er worden immers geen gloeilampjes van maximaal 100 W geregeld, maar halogeen-lampen van 500 W, 600 W of zelfs 1000 W! De stroompieken zijn veel groter en dus ook de mogelijke stoorvelden. Vandaar dat erg veel aandacht aan de ontstoring wordt besteed en de componenten voor de storingsonderdrukking vaak meer kosten dan de eigenlijke dimmerschakeling. Een tweede noodzaak voor veel spoelen in de stroomkring is het feit dat de weerstand van halogeenlampen wel een factor 20 kan variëren tussen koude en hete toestand. Zonder grote spoelen zouden de triac's om de haverklap sneuvelen door te grote piekstromen.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.1-1: Het dimmer-pack zit in een stevige 19 inch behuizing.



Figuur 4/15.22.1-2: Het regelkastje is zo klein dat het gemakkelijk vanuit de hand is te bedienen.

Samenstelling van het mini-systeem

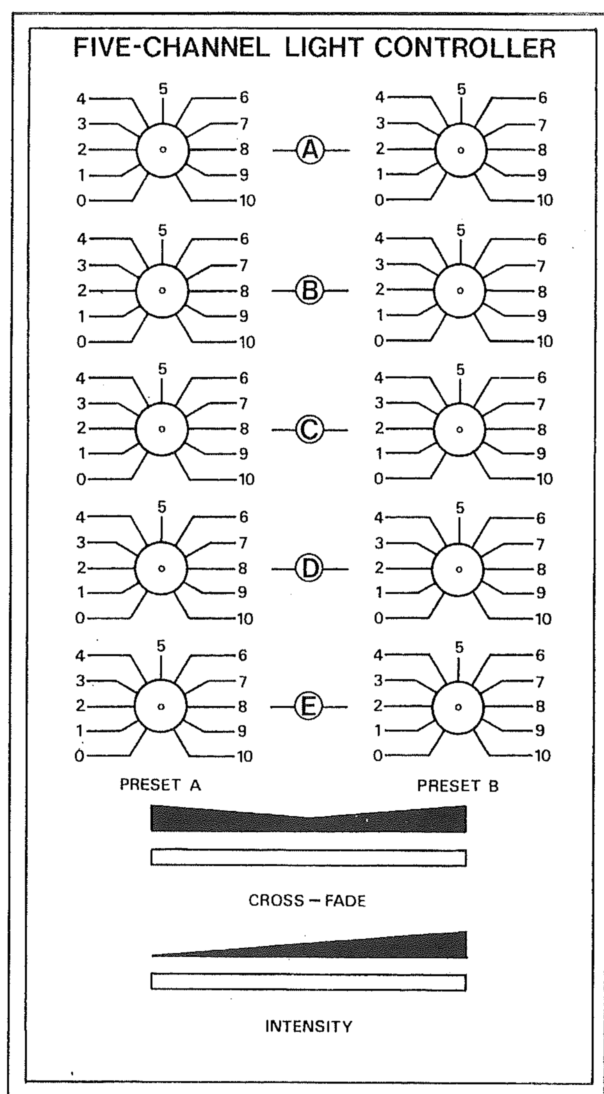
Uit de enquête kwam naar voren, dat de meeste aangeschreven gezelschappen met niet meer dan vijf lampengroepen werken, met vermogens van maximaal 600 W per groep. De oeroude PAR-blazers met hun lampen van 500 W en de al even oeroude Pipo's met 600 W zijn blijkbaar nog steeds zéér populair. Dat komt natuurlijk omdat deze spot's tegenwoordig werkelijk voor een prikje worden weggegeven door verhuurbedrijven, die natuurlijk volledig zijn omgeschakeld naar elektronisch te bedienen spot's, maar hele voorraden van die oude troep hebben opgeslagen. De samenstelling van het systeem is geënt op deze basisgegevens. De vijf dimmers van ieder 600 W maximaal zijn ondergebracht in een 19-inch kast, zie figuur 4/15.22.1-1, de regelaars in een zo klein mogelijk kastje met als afmetingen 22 bij 12 bij 3 cm. Men kan het regelkastje gemakkelijk in de hand houden, zie figuur 4/15.22.1-2. De lichtman of -vrouw kan in het uiterste noodgeval dus tussen het publiek plaatsnemen en vandaar uit de lichtregie voeren.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

Toch zijn er op dat kleine oppervlak 12 regelaars ondergebracht.

Lichtregel techniek

Een ontwerp van het frontplaatje van het regelkastje geeft figuur 4/15.22.1-3. Aan de hand van deze figuur kunnen de mogelijkheden van het apparaatje worden toegelicht.



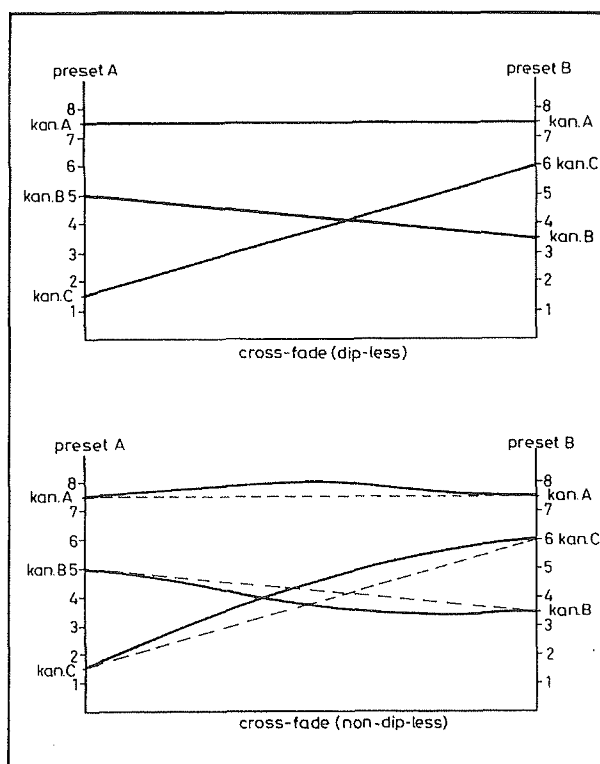
Figuur 4/15.22.1-3: Het frontpaneeltje van de belichtingsregelaar.

Bij toneelproducties werkt men met een opeenvolging van scènes. Iedere scène eist een bepaalde uitlichting, die wordt samengesteld uit de diverse intensiteiten en kleuren van de beschikbare spot's. Het afregelen van de intensiteiten van de diverse spot's voor het uitlichten van een bepaalde scène, noemt men een voorinstelling of preset. De apparatuur moet de mogelijkheid hebben minstens twee voorinstellingen te programmeren en door middel van een potentiometer van de ene preset naar de andere over te schakelen. De uitlichting gaat dan vloeiend over van de ene scène naar de volgende. Het omschakelen van de ene preset naar de andere noemt men een cross-fade, de potentiometer waarmee dat gebeurt, de cross-fader. Daarnaast is het ook belangrijk dat men de intensiteit van alle spot's tussen nul en de door middel van de preset ingestelde maximale intensiteiten kan regelen. Dat doet men door middel van de master-fader of de intensity-fader.

Hiermee zijn alle op het kastje aanwezige regelaars verklaard. De vijf linker draaipotentiometers vormen de eerste voorinstelling, de preset A. De vijf rechter draaipotentiometers de tweede voorinstelling, de preset B. Daaronder zit de cross-fader, een schuifpotentiometer. Staat die links, dan bepalen de instellingen van de preset A de intensiteiten van de aangesloten spot's. Schuift men hem naar rechts, dan bepalen de standen van de preset B potentiometers de intensiteit van de spot's. Onder de cross-fader staat de tweede schuifpotentiometer, de master- of intensity-fader. In de linker stand zijn alle spot's gedoofd, in de rechter stand branden de spot's met de door een van de preset's ingestelde intensiteit. Het werken met het systeem gaat als volgt. Tijdens de repetities licht men de eerste scène uit door de regelaars van preset A. De cross-fader staat dan links en de intensity-fader rechts. De

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

stand van de potmeters wordt genoteerd. De tweede scène wordt uitgelicht door middel van de potentiometers van preset B. De cross-fader staat dan uiteraard rechts. Ook deze standen worden genoteerd. De derde scène wordt weer uitgelicht door middel van preset A. Zo gaat men verder. Vóór de opvoering van het stuk stelt men de tweede eerste voorinstellingen in op de preset A- en preset B-potentiometers. De cross-fader staat links, de intensity-fader ook. De eerste scène wordt uitgelicht door het langzaam naar rechts schuiven van de onderste schuif. Moet de tweede scène worden uitgelicht, dan schuift men de cross-fader langzaam naar rechts.



Figuur 4/15.22.1-4: Het begrip "dipless-crossfade" grafisch toegelicht.

Tijdens de tweede scène stelt men de genoteerde standen van de derde scène in op de knoppen van preset A. Men kan dus steeds één scène op voorhand werken. Speciale effecten, bijvoorbeeld een spot die gedurende een bepaalde scène in zijn eentje van intensiteit moet variëren, zijn mogelijk door bediening van een van de preset-potentiometers.

Het begrip "dipless cross-fade"

Vroeger, in de begintijd van de elektronische lichtregeling, had men nogal wat moeite met het realiseren van de cross-fade functie. Wat is namelijk het geval? In figuur 4/15.22.1-4 is een praktijkvoorbeeld geschetst. Drie kanalen worden geprogrammeerd door middel van beide preset's. Kanaal A staat voor beide voorinstellingen afgeregeld op een relatieve intensiteit van 7,5. Preset A van kanaal B staat op 5, preset B op 3,5. Voor het derde kanaal gelden als instellingen 1,5 en 6.
Bij het bedienen van de cross-fader moet de intensiteit van spot B lineair afnemen van relatieve intensiteit 5 naar 3,5. De lichtsterkte van spot C moet lineair oplopen van 1,5 tot 6.
Omdat beide preset's van spot A op dezelfde waarde staan ingesteld, mag de intensiteit van deze spot echter niet variëren bij het van links naar rechts verplaatsen van de schuif van de cross-fader.
Bij oude systemen liep dat allemaal niet zo vlot, zoals geschetst in de onderste grafiek van figuur 4/15.22.1-4. Het verloop van de intensiteit was niet-lineair, maar vertoonde een dip. Zeker voor een spot waarvan de intensiteit niet mag veranderen bij de overgang van de ene naar de volgende scène was dit zeer irritant.
De moderne elektronica heeft door het gebruik van verschil- en som-versterkers dit probleem opgelost. De term "dipless cross-fade", ooit gebruikt als reclamekreet, is echter blijven bestaan om aan te geven dat de cross-fade functie de intensi-

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

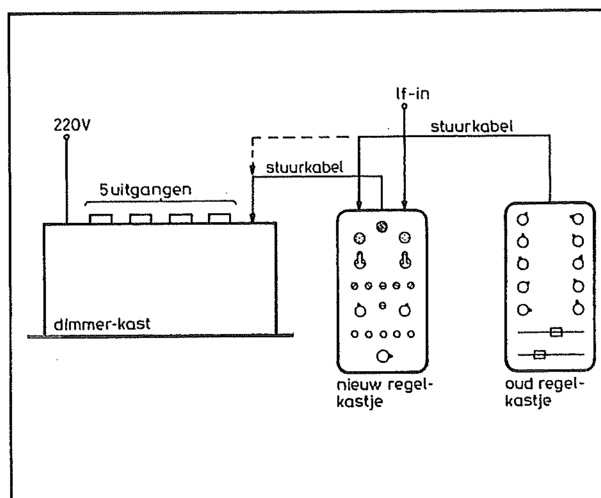
teit lineair regelt van de ene naar de andere preset. Het spreekt voor zich dat de in dit hoofdstuk beschreven installatie "dipless" regelt.

Speciale effecten

Uit de reeds eerder genoemde enquête bleek onder andere dat de meeste technici prijs stellen op speciale lichteffecten, zoals lichtloper, flash en lichtorgel. Vandaar dat het basissysteem, bestaande uit één dimmer-pack en het regelkastje, kan worden uitgebreid met een extra kastje, dat deze speciale effecten in het systeem inbrengt.

Het totale systeem

Het totale systeem is geschetst in figuur 4/15.22.1-5. Het dimmer-pack wordt aangesloten op de 230 V van het net en stuurt de vijf spot's. Via een stuurkabel kan de dimmerkast met het regelpaneeltje worden verbonden. Voegt men de extra effecten toe, dan gaat de stuurkabel van het regelkastje naar de ingang van het effectenkastje. Dit laatste stuurt dan de vijf kanalen van het dimmer-pack.



Figuur 4/15.22.1-5: Een schematische voorstelling van het volledig systeem.

4/15.22.2

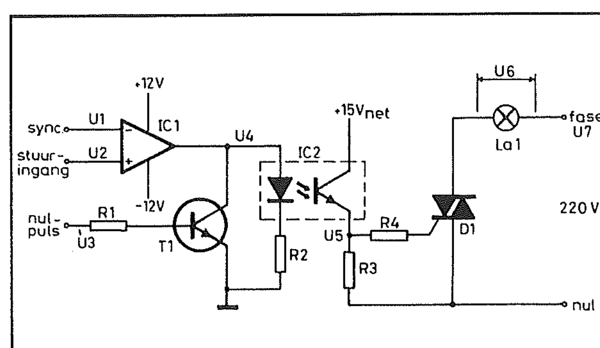
Het 5 x 600 W dimmer-pack

Inleiding

Zoals in hoofdstuk 4/15.22.1 gesteld, bestaat het "zware" gedeelte van het systeem uit een dimmerkast, die vijf dimmers bevat met ieder een vermogen van maximaal 600 W. Nu wordt dat maximaal vermogen niet door de elektronica bepaald, deze kan veel meer hebben. Het maximale vermogen per kanaal wordt eerder begrensd door de eis dat het dimmer-pack uit één fase van het 230 V net moet worden gevoed. Als men er rekening mee houdt dat zo'n groep gezekerd is met 16 A, komt men tot de simpele rekenson dat 230 V maal 16 A gelijk is aan 3.680 W. Per kanaal staat dus gemiddeld 736 W ter beschikking. In de praktijk kan men op ieder kanaal bijvoorbeeld één PAR-blazer of één Pipo aansluiten. Als sommige kanalen echter minder worden belast, bijvoorbeeld met een paar gloeilampen van 100 W, dan kan men op de resterende kanalen zonder problemen twee van de genoemde spot's aansluiten. Zoals geschreven, het gaat eerder over het totaal maximale vermogen dan over het vermogen per kanaal.

Principe van de fase-aansnij sturing

Figuur 4/15.22.2-1 geeft de principiële schakeling van één dimmerkanaal weer. De werking wordt toegelicht aan de hand van de timingdiagrammen van figuur 4/15.22.2-2.

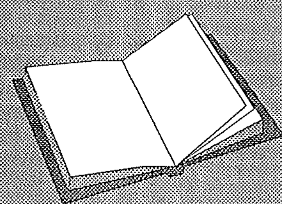


Figuur 4/15.22.2-1: De principiële schakeling van één kanaal uit het dimmer-pack.

Een als comparator geschakelde op-amp IC1 vergelijkt een met het net gesynchroniseerde zaagtand U1 met de uit het regelkastje afkomstige stuurspanning tussen 0 V en +10 V. De uitgang van die comparator stuurt de LED in de optische koppelaar IC2. Als de stuur-spanning groter wordt dan de zaagtand, zal de uitgang van de op-amp positief worden en een stroom door de LED sturen. Over de emitterweer-

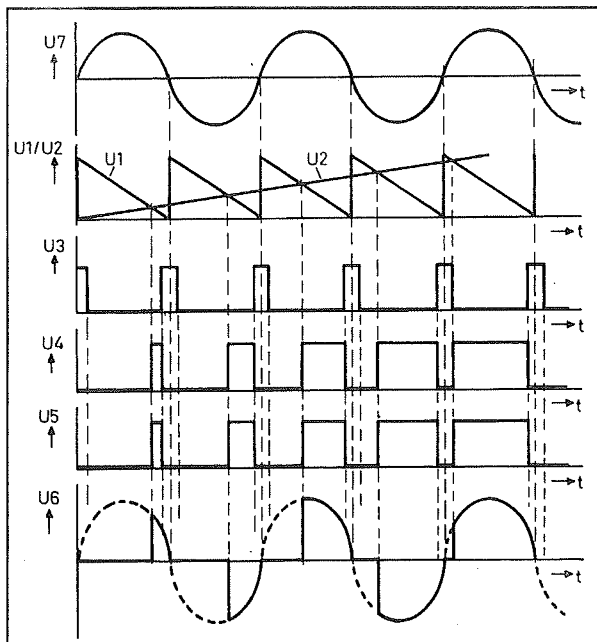
LEES OOK:

Hoofdstuk 4/15.1.2
Hoofdstuk 4/15.1.3
Hoofdstuk 4/15.8



15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

stand R3 van de in de optische koppeling ingebouwde foto-transistor ontstaat een positieve spanning, die de triac in geleiding stuurt. Hoe groter de stuurspanning, hoe eerder dit in de loop van een halve periode gebeurt en hoe meer vermogen lamp La1 te verwerken krijgt.



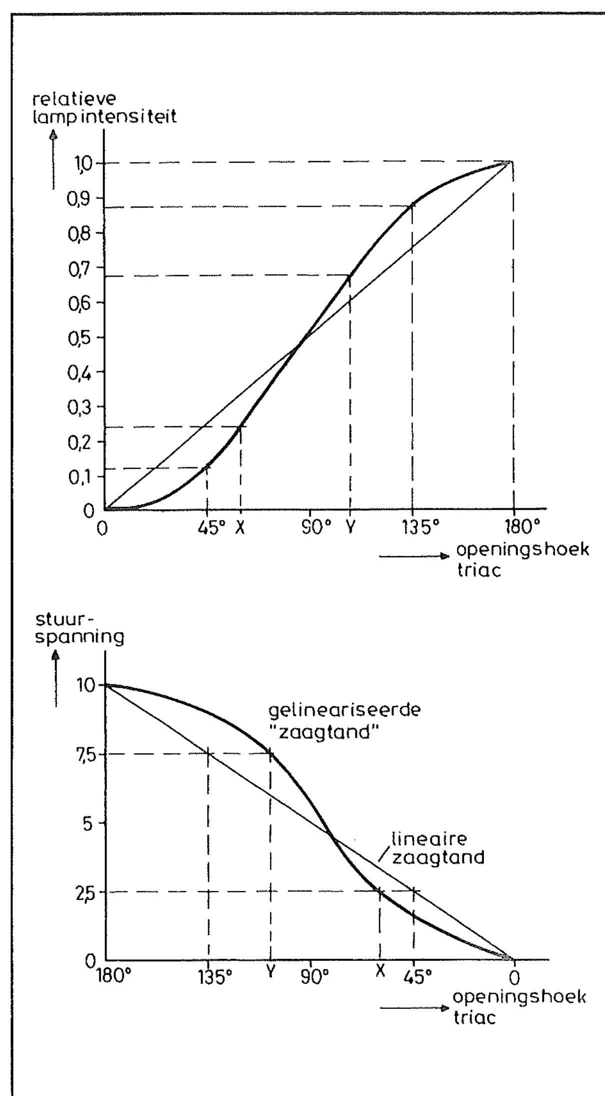
Figuur 4/15.22.2-2: De timingdiagrammen van het schema van figuur 4/15.22.2-1.

Het voordeel van dit systeem is, dat de gate van de triac gedurende de volledige geleidingsperiode wordt gestuurd. Men heeft dus geen problemen met eventuele belastingsstromen, die kleiner zijn dan de houdstroom van de triac. Men kan zonder meer een nachtlampje van 10 W op de dimmer aansluiten, zonder dat de triac weer dooft na het ontsteekmoment.
Groot nadeel van dit systeem is dat er kans bestaat op "happen" van de schakeling. "Happen" is het plotsklaps en niet periodiek volledig oplichten van de lamp, als de regelaar op nulintensiteit is ingesteld. Sommige goedkope dimmers vertonen dit verschijnsel ook.
Hoe is dit te verklaren? Nulintensiteit komt overeen met een stuursignaal van 0 V. Bij de nuldoorgang van de netspanning is de sync-zaagtand echter ook nul. Het kan nu gebeuren (door de offset van de op-amp, bijvoorbeeld) dat er op dat moment toch een smal positief pulsje uit de comparator komt. Dit pulsje is in staat de triac in het begin van de volgende halve periode aan te sturen, waardoor de spot even oplicht. Bij deze schakeling is dit probleem opgelost door het introduceren van een derde signaal, de zogenoemde nulpuls. Dit is een smalle positieve puls, die ontstaat even voor de nuldoorgang van het net en verdwijnt even na de nuldoorgang van de wisselspanning. Met deze puls wordt de uitgang van de comparator door middel van transistor T1 even kortgesloten, zodat er in het kritieke gebied rond de nuldoorgang nooit sprake kan zijn van het ontsteken van de triac.
Zowel de comparator als de optische koppelaar moeten worden gevoed. Wil men de uit veiligheidsoverwegingen zeer noodzakelijke scheiding tussen rechtstreeks met het net verbonden dimmerschakeling en regelelektronica in het regelpaneel handhaven, dan moeten er ook twee afzonderlijke voedingen aanwezig zijn. Eentje levert de +15 V voor het sturen van de dimmer, deze is rechtstreeks met het lichtnet verbonden. De andere levert de symmetrische voedingsspanningen voor de stuurschakelingen in de dimmer en voor de elektronica in het regelkastje.

Linearisering van de regeling

Alle populaire theaterspot's zoal de Pipo's van 500 W, de T-spots van 1.000 W, de fressnelspots van 500 W en de kachelpijpjes van 650 W, zijn uitgerust met halogeen-

lampen. Het verband tussen de opgewekte lichtintensiteit van een halogeenlamp en de openingshoek van een triac-dimmer is ooit opgemeten en het resultaat is getekend in de bovenste grafiek van figuur 4/15.22.2-3.



Figuur 4/15.22.2-3: Het principe van de linearisering van de openingshoek van de triac.

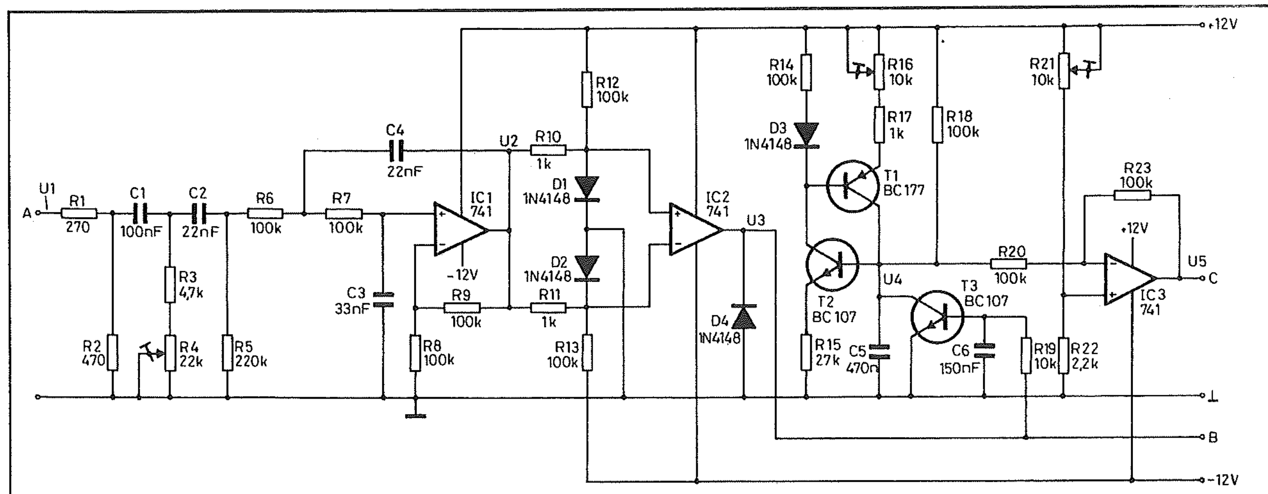
Tussen ongeveer 45 ° en 135 ° is het verband vrij lineair. Onder de 45 ° loopt de intensiteit achter op de stijging van de geleidingshoek. Dat is logisch, want dat is het gebied waarin de gloeidraad van koude toestand moet opwarmen tot ze zo heet is dat er lichtemissie optreedt. Boven de 135 ° is het voornamelijk de spectrale samenstelling van het uitgestraalde licht dat varieert, maar dat leidt nauwelijks tot een zichtbare toename van de intensiteit.

Zou men het systeem van figuur 4/15.22.2-1 samenstellen met de lineaire zaagtand als sync-spanning, dan zou het regelgebied van de presetpotentiometers erg onhandig zijn. Een stuurspanning van 2,5 V (potentiometer een kwart open), gelijk aan een openingshoek van 45 °, zou dan slechts een intensiteit van ongeveer een tiende van de maximale waarde tot gevolg hebben. Een stuurspanning van 7,5 V zou de lamp voor bijna 90 % opensturen. Vandaar dat men de lineaire zaagtand moet vervangen door een aangepast sync-signaal, dat het verband tussen de stand van de potentiometer en de intensiteit van de spot moet lineariseren. De noodzakelijke spanningsvorm is getekend in de onderste grafiek van figuur 4/15.22.2-3. Een stuurspanning van 2,5 V levert nu een openingshoek x op, volgens de bovenste grafiek goed voor een intensiteit van 25 %. Een stuurspanning van 7,5 V komt overeen met een openingshoek van y, hetgeen een intensiteit van ongeveer 70 % tot gevolg heeft.

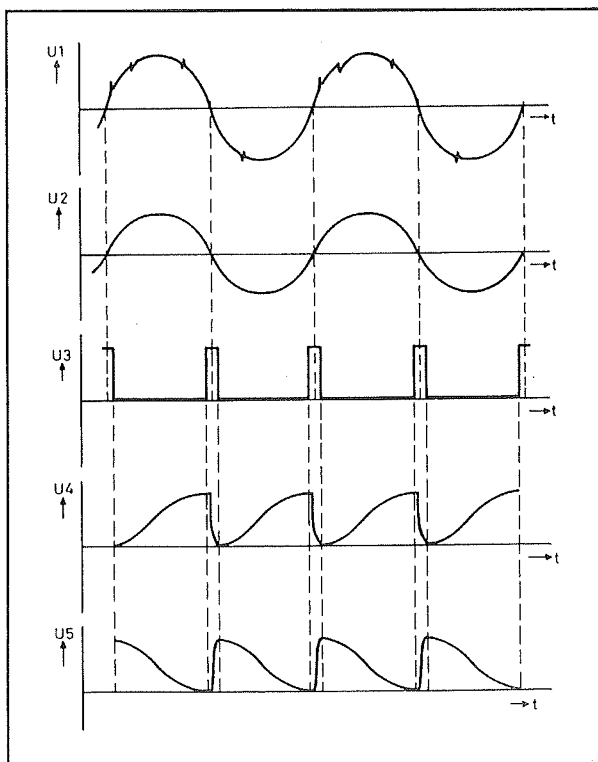
Besturingsschakeling voor de dimmers

De besturingsschakeling voor de dimmers, getekend in figuur 4/15.22.2-4, wekt de gelineariseerde zaagtand op en de nulpuls. De werking van het geheel wordt toegelicht aan de hand van de grafieken van figuur 4/15.22.2-5. De secundaire trafospanning U1 wordt door middel van de spanningsdeler R1-R2 teruggebracht tot de door de op-amp's geaccepteerde niveaus.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.2-4: Het schema van de besturingsschakeling voor de dimmers.



Figuur 4/15.22.2-5: De grafieken bij figuur 4/15.22.2-4.

Het inschakelen van de op de installatie aangesloten spot's veroorzaakt flinke spanningsdalingen op het net. De aan de schakeling aangeboden wisselspanning is dus alles behalve een mooie sinus. Vandaar dat rond IC1 een actief laagdoorlaat filtertje is gebouwd. Aan de uitgang treft men een sinus aan met een gemiddelde vervorming van slechts 2,5 %. Dit filter veroorzaakt echter een fasedraaiing en dat is funest voor de werking van het systeem. Vandaar het netwerk C1, C2, R3, R4 en R5, dat er voor zorgt dat de uitgangsspanning van het filter precies in fase is met de trafospanning. Door middel van instelpotentiometer R4 en lissajousfiguren op de scoop kan men dit exact afregelen.

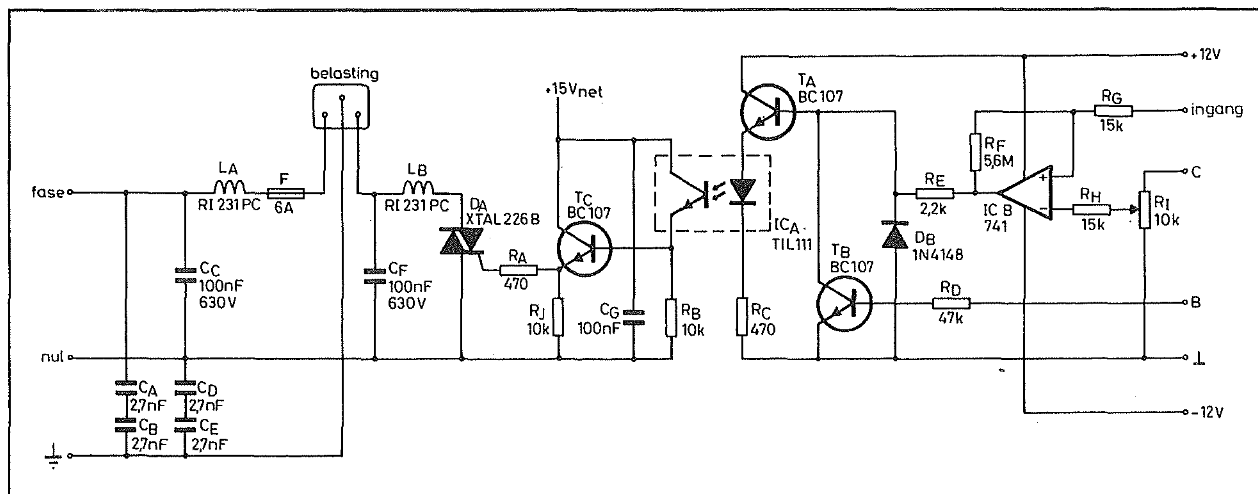
De mooie sinus U2 wordt aangeboden aan een tweede op-amp, geschakeld als vensterdiscriminator. Aan de uitgang verschijnen smalle positieve pulsen U3 rond de nuldoorgang van de netspanning. De werking is als volgt. Als U2 nul is, is de niet-inverterende ingang van IC2 ingesteld op een spanning van +0,5 V en de inverterende ingang op een niveau van -0,5 V. Een en ander als gevolg van de aanwezigheid van R12, D1, D2 en R13. De uitgang van de op-amp loopt vast tegen de positieve voedingsspanning. Stel dat U2 positief wordt. De niet-inverterende in-

gang van IC2 blijft ingesteld op ongeveer dezelfde spanning (D1 geleidt), maar de inverterende ingang volgt de stijging van de ingangsspanning (D2 spert). Na enige tijd wordt deze ingang positiever dan de niet-inverterende ingang, de uitgang zoekt het negatieve voedingsniveau op. Diode D4 gaat echter geleiden, de uitgang wordt begrensd op -0,7 V. Een dalende U2 heeft hetzelfde resultaat. Nu blijft de inverterende ingang van de op-amp op -0,5 V staan, terwijl de niet-inverterende ingang de spanningsdaling volgt. Op een bepaald moment wordt de laatstgenoemde ingang lager dan -0,5 V, de op-amp klapt om. Conclusie: op de uitgang van IC2 ontstaat de voor het voorkomen van "happen" zo belangrijke nulpuls.
Nu de sync-spanning. Condensator C5 wordt door de collectorstroom van T1 opgeladen. Dat is echter geen lineaire stroom. De stroom wordt bepaald door de mate van geleiding van T2. Het laadproces start na het wegvallen van de nulpuls, die de condensator door middel van T3 ontlaadt. De condensatorspanning is nul, T2 geleidt niet. Over R14 en D3 valt nu slechts een zeer kleine spanning, zodat ook T1 niet noemenswaardig geleidt. De condensator wordt opgeladen door een kleine stroom, geleverd door R18. De spanning over de condensator stijgt langzaam, maar na enige tijd begint T2 toch te geleiden. Er loopt stroom door de basis-emitter junctie van T1, deze transistor gaat ook geleiden, de laadstroom van C5 neemt toe. De spanningstoename per tijdseenheid wordt groter. Het sneller stijgen van de spanning over C5 heeft tot gevolg dat beide transistoren meer gaan geleiden en de laadstroom steeds meer toeneemt. Op een bepaald moment is echter de spanning over de condensator zo groot dat de instelling van de transistoren in de verdrukking komt. De laadstroom daalt, de spanning over C5 neemt minder snel toe. Conclusie: door een juiste keuze van de onderdelen rond de beide transistoren ontstaat over C5 een spanning, gelijkvormig aan de curve uit figuur 4/15.22.2-3, die het verband geeft tussen openingshoek en relatieve lampintensiteit. Deze spanning U4 heeft weliswaar de juiste vorm, maar verloopt tussen nul en +10 V. Dat moet nog even worden gecorrigeerd door middel van de schakeling rond IC3. Deze op-amp is geschakeld als inverterende x1-versterker, maar met de niet-inverterende ingang verbonden aan een positieve instelspanning. Zonder deze hulpspanning zou de schakeling de ingangsspanning spiegelen ten opzichte van nul. De uitgang zou van nul dalen tot -10 V. Dank zij de instelbare (R21) hulpspanning kan men de uitgangsspanning "optillen" tot zij verloopt van +10 V tot nul. De spanning U5 verloopt precies zoals het in figuur 4/15.22.2-5 theoretisch is voorgesteld.

Praktisch schema van één dimmerkanaal

In figuur 4/15.22.2-6 wordt het schema van één kanaal van de dimmerkast voorgesteld. Het sync-signaal C wordt door middel van instelpotmetertje RI aangeboden aan de inverterende ingang van een comparator ICb. De niet-inverterende ingang ontvangt het stuursignaal. Door middel van de grote weerstand Rf voert men een kleine mate van schmitt-trigger werking toe, zodat het omschakelpunt steeds keurig is gedefinieerd. De uitgang van de comparator wordt positief, als de sync-spanning kleiner wordt dan de stuurspanning. Op dat moment wordt transistor Ta in geleiding gestuurd en deze voorziet de LED in de optische koppelaar ICa van stroom.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.2-6: Het volledig schema van één kanaal van de dimmer.

De nulpuls wordt aan de basis van Tb gelegd en sluit de uitgang van de comparator kort rond de nuldoorgang van de netspanning. De spanning over Rb stuurt via de emittervolger Tc de gate van de triac Da met een flinke stroom.

Ontstoring

Tussen het net en de belasting en tussen de belasting en de triac zijn twee LC-ontstoorkringen opgenomen. Daarnaast treft men tussen de fase en de aarde en tussen de nul en de aarde de condensatoren, Ca, Cb, Cd en Ce aan, die zorgen voor onderdrukking van symmetrische stoorpulsen.

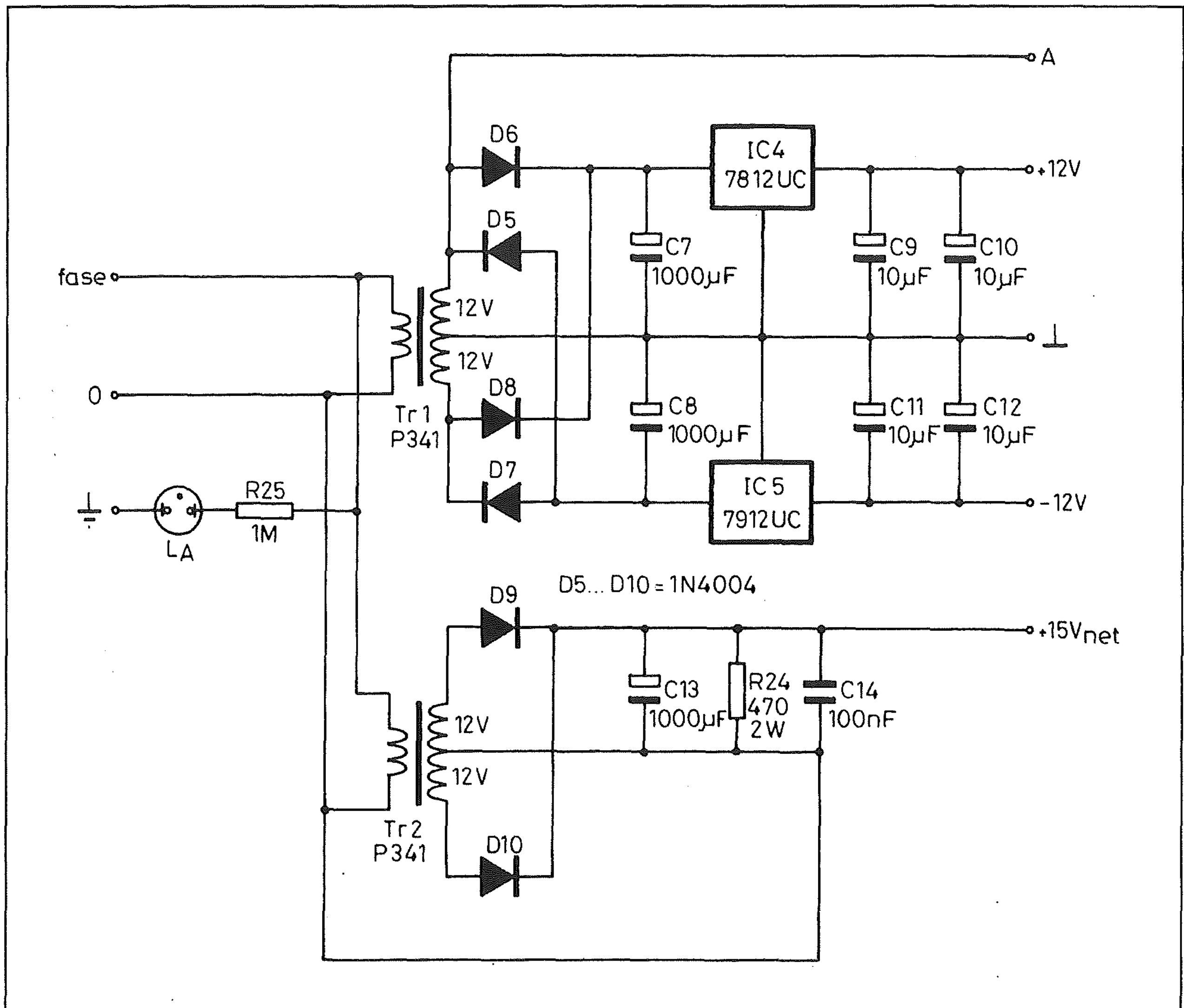
De spoelen hebben drie functies:

- Samen met Cc en Cf vormen zij twee laagdoorlaat filters, die de hoogfrequente stoorsignalen op het net en op de spotkabels onderdrukken.
- De zelfinductie van de spoelen verzet zich tegen plotselinge stroomvariaties, waardoor de grote inschakelstromen van koude spot's enigszins worden vertraagd en de triac's worden gespaard voor zeer hoge stroompieken.
- Het dempen van de hoge inschakelstromen heeft tot gevolg dat de gloeidraden van de lampen in de spot's minder trillen, hetgeen de levensduur van de (zeer dure) lampen ten goede komt en de geluidsoverlast, eigen aan ieder dimmersysteem, vermindert.

In het kader van die geluidsoverlast is het zeer verstandig de dure Schaffner-zelfinducties RI231PC te gebruiken. Er zijn zeer goedkope op een ringvormige kern gewikkelde spoelen in de handel, maar deze zijn, in tegenstelling tot de Schaffner-spoelen, niet ingegoten en zoemen als een korf bijen! Het gebruik van twee in serie geschakelde condensatoren van 2,7 nF tussen fase en aarde en nul en aarde is alleen ingegeven door het feit dat er een grote hoeveelheid van dergelijke onderdelen in voorraad was. Natuurlijk kan men deze vervangen door condensatoren van 1 nF.

Let wel op de spanning van alle condensatoren in het primaire circuit. Typen van 630 V zijn moeilijk te vinden, maar voor een langdurige en betrouwbare werking noodzakelijk!

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.2-7: De voeding van de dimmers.

Voeding van het systeem

De voeding van de dimmers is getekend in figuur 4/15.22.2-7. De +12 V en -12 V spanning voor de stuurelektronica en het regelkastje worden opgewekt door middel van twee stabilisatoren van 12 V. De optische koppeling en de triac's worden gevoed uit een ongestabiliseerde spanning van +15 V. Om de spanningsvariatie tussen nul en vollast enigszins te beperken is weerstand R24 toegevoegd als bleeder.

Tussen de massa en de fase-aansluiting staat de serieschakeling van een weerstand (R25) en een neonlampje.

Met dit spanningszoekertje kan men er voor zorgen dat de netsteker van het apparaat zo in het stopcontact wordt geplugd, dat de fase van het net wordt verbonden met de fase-aansluiting van de dimmers.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	270 Ω
R2	470 Ω
R3	4,7 kΩ
R5	220 kΩ
R6,R7,R8,R9,R12,R13,R14,R18	100 kΩ
R20,R23	100 kΩ
R10,R11,R17	1 kΩ
R15	27 kΩ
R19	10 kΩ
R22	2,2 kΩ
R25	1 MΩ
RA	470 Ω
RB	10 kΩ
RC	470 Ω
RD	47 kΩ
RE	2,2 kΩ
RF	5,6 MΩ
RG,RH	15 kΩ

DRAADGEWONDEN WEERSTAND, 2 W

R24	470 Ω

INSTELPOTENTIOMETERS, LIGGEND, 10 x 15 mm

R4	22 kΩ
R16,R21	10 kΩ
RI	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C14	100 nF	MKH
C2,C4	22 nF	MKH
C3	33 nF	MKH
C5	470 nF	MKH
C6	150 nF	MKH
C7,C8,C13	1.000 µF	25 V printelco
C9,C10,C11,C12	10 µF	16 V printelco
CA,CB,CC,CE	2,7 nF	630 V polyester
CC,CF	100 nF	630 V polyester
CG	100 nF	MKH

HALFGELEIDERS

D1,D2,D3,D4	1N4148
T1	BC177
T2,T3	BC107
D5-D10	1N4004
IC1,IC2,IC3	741, mini-DIL
IC4	7812UC
IC5	7912UC
DA	thyristor, 630 V, 16 A
DB	1N4148

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

TA,TB,TC	BC107
ICA	TIL111, opto-coupler
ICB	741, mini-DIL
DIVERSEN	
LA,LB	RI231PC ontstoorspoel
Tr1,Tr2	P341, 2 x 12 V trafo
LA	neon lampje
5	koelplaat voor TO-220
2	U-vormig koelprofiel voor TO-220
5	printzekeringhouder
5	zekeringen, 5 A
8	IC-voetje, 8 pennen
5	printkroonsteentje, 3-polig

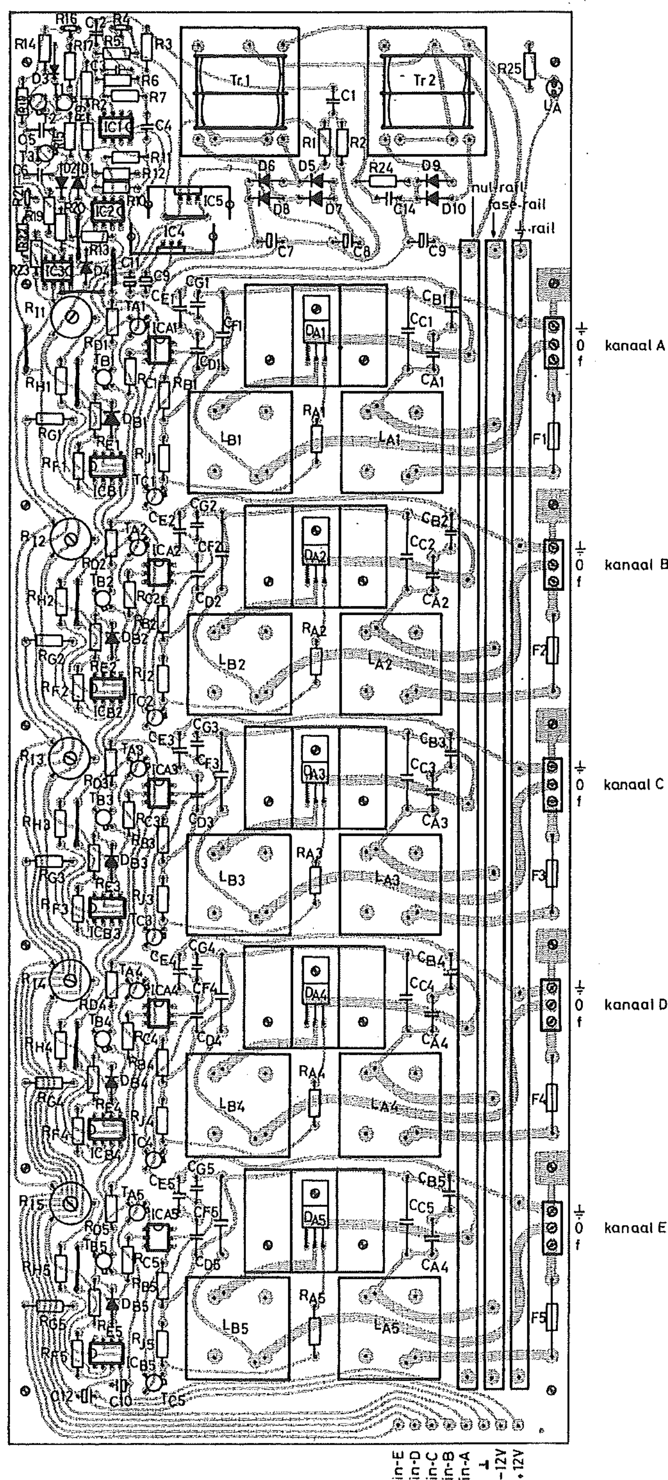
Bouw van de dimmerkast
Voor de dimmer is één grote print ontworpen waarop alle onderdelen passen. Het printontwerp is in figuur 4/15.22.2-8, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, **OP HALVE WARE GROOTTE** weergegeven. Men moet deze afbeelding dus eerst op een kopieermachine twee maal vergroten of na het scannen op het juiste formaat afdrukken.
Figuur 4/15.22.2-9 geeft de bestukking.

Verdelen van de netspanning
Het aansluiten van de 230 V van het net op zo'n schakeling is uiteraard een groot probleem. Er vloeien immers vrij grote stromen door het net als alle kanalen volop open worden gestuurd. Bij dit ontwerp is voor dit probleem een even ingenieuze als eenvoudige oplossing gevonden. Op de achterzijde van de print worden drie messing strippen aangebracht die op regelmatige afstanden voorzien zijn van gaatjes. Dergelijke strippen worden gebruikt om frontplaatjes te bevestigen in 19 inch kasten. Deze strippen worden aan beide uiteinde vastgesoldeerd op de print via de zes soldeereilandjes die hiervoor zijn aangebracht. Als alles goed is, passen de soldeereilandjes die de netspanning met de triac's verbinden precies boven de gaatjes van deze strippen en kan men de voeding voor de vijf kanalen met draadjes in de gaatjes van de strippen vastsolderen. Aan de linker zijde van de print kan men ook de drie aders van het netsnoer op de drie messing strippen solderen, zie ook de foto van figuur 4/15.22.2-10.

Speciale onderdelen
Enige speciale onderdelen zijn:
- Ontstoorspoelen:
  RI231PC van Schaffner. Dit is echter een uitlooptype, vandaar dat de nieuwe uitvoering met code RI406PC met (uiteraard) afwijkende vorm ook op de print kan worden gemonteerd.
- Koelplaten voor de triac's:
  samengesteld uit drie met thermische geleidende lijm aan elkaar gekleefde koelprofielen van Assmann, type V-5374.
- Koelplaten voor spanningsregelaars:
  type V-564OA/SE van Assmann.
- Spanningsrails voor het verdelen van de netspanning en aarde over de print:
  messing getapte strippen (M2,5) van Minkels Plaatwerk Service,
  lengte 66 TE.

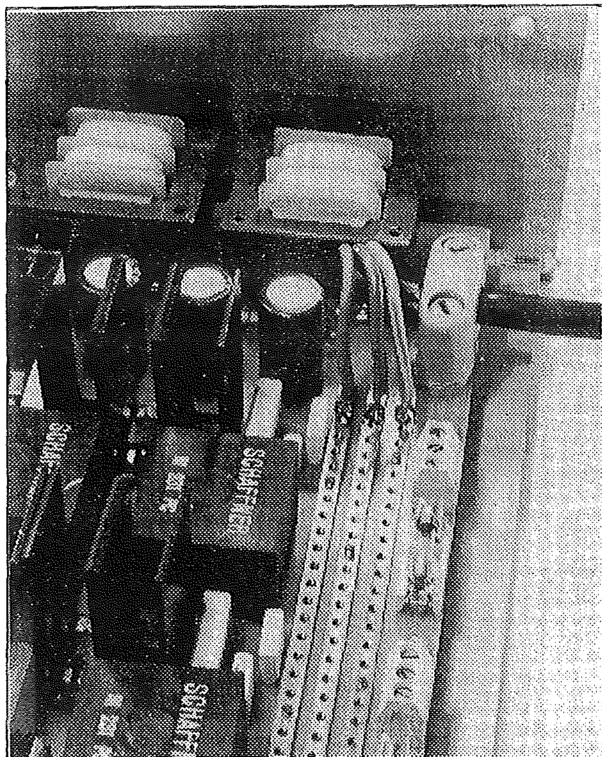
De foto van figuur 4/15.22.2-11 geeft een impressie van de compleet gemonteerde dimmerprint.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.2-9: De componentenopstelling van de dimmerprint.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.2-10: De drie messing strippen die de netspanning en de aarde over de print van de dimmer verdelen.

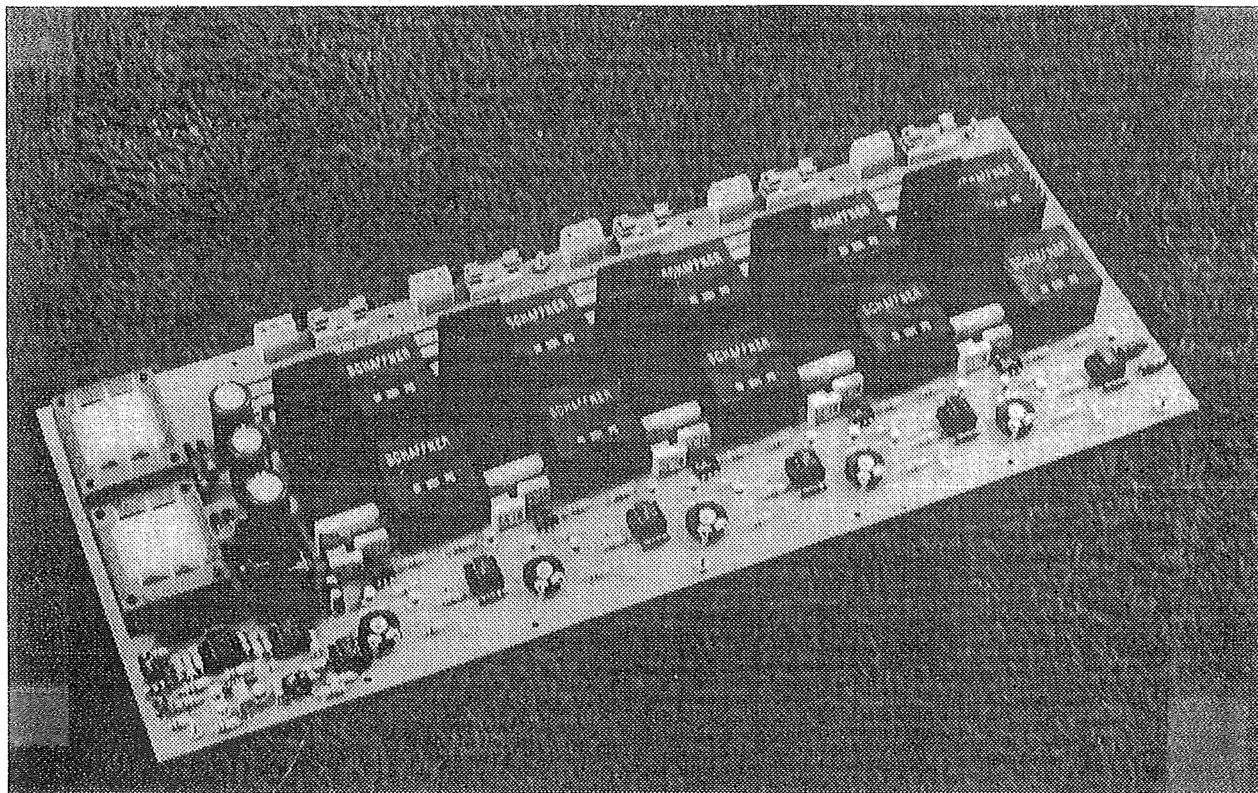
De print kan in een 19-inch kast worden ingebouwd, waarbij de print wordt vastgeschroefd op de profielen, waarmee de diverse kastdelen aan elkaar worden bevestigd.

Afregelen

Voor het afregelen heeft men ook de besturingselektronica van hoofdstuk 4/15.22.3 nodig, maar de procedure wordt toch maar hier beschreven.

- Verbindt het regelkastje met de dimmerkast door middel van een achtaderige kabel en regel weerstand R1 op de regelprint af tot er op de uitgang van IC1 een spanning van -10 V staat. De master moet wel helemaal openstaan!
- Sluit één kanaal van een op X/Y-bedrijf geschakelde scoop aan op de rechter aansluiting van R1 en het andere kanaal op de uitgang van op-amp IC1, beide op de hoofdprint.
- Regel potentiometer R4 af tot beide signalen in fase zijn (ongeveer rechte lijn onder een hoek van 45 °).
- Meet met de scoop het signaal op de uitgang van IC2. Als alles naar wens functioneert, staat op dit punt de in figuur 4/15.22.2-5 getekende nulpuls.
- Sluit de scoop aan op de collector van T3 en regel R16 af tot de in figuur 4/15.22.2-5 als U4 aangeduide spanning op het scherm verschijnt. De grootte zal dan ongeveer 10 V zijn.
- Verplaats de probe van de scoop naar de uitgang van IC3 en regel R21 af tot de onderste toppen van het signaal precies samenvallen met de nul.
  Nu kunnen de instelpotmetertjes van de vijf dimmers worden afgeregeld.
- Sluit de scoop aan op de linker aansluiting van weerstand Rc-1. Zet de preset- en master-potentiometers volledig open.
- Regel nu Ri-1 af tot de stuurpuls van de triac maximale breedte heeft, dus de totale breedte van een halve periode minus de duur van de nulpuls. Verschuif de master langzaam naar links. De stuurpuls moet nu smaller worden en volledig wegvallen op het moment dat de schuifpotentiometer in zijn meest linkse stand staat. Blijft een klein pulsje over, dan is instelpotmeter R21 niet correct afgeregeld en moet men dit corrigeren.
- Nadien kan de procedure voor de vier overige kanalen worden herhaald.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater


Figuur 4/15.22.2-11: Het prototype van de dimmerprint, klaar voor inbouw.

Tot slot

Ondertussen heeft de auteur zeven systemen gebouwd voor diverse theatergezelschappen. Enige praktijkervaringen:

- Er worden door diverse leveranciers zeer goedkope optische koppeling geleverd onder de (merkloze) code SU-25. Gebruik deze niet, de ervaring heeft geleerd dat deze onderdelen grote toleranties vertonen in de overdrachtsfactor, waardoor er over RB te weinig spanning ontstaat voor het opensturen van de triac.
- De in het prototype gebruikte triac's TXAL226B (6 A en 400 V) sloegen soms toch door. Vervanging door de zwaardere uitvoeringen XTAL220OB (10 A en 400 V) bleek de remedie tegen deze kwaal. Wel moest de gateweerstand RA worden verlaagd tot 330 Ω.
- Bij een gebruiker werd geklaagd over storingen in het geluid, die soms optraden. Het heeft heel wat gezoek gekost om de oorzaak van dit verschijnsel op te sporen. Het bleek dat de ratel in het geluid alleen ontstond als de dimmerkast en de geluidsinstallatie door middel van één verlengsnoer van 25 meter op het net werden aangesloten. Blijkbaar veroorzaakten de inschakelstromen van de spot's forse spanningsvallen over de inwendige weerstand van dit snoer. Deze netverontreiniging drong natuurlijk de voeding van de geluidsapparatuur binnen en veroorzaakte 100 Hz pulsen op de ongestabiliseerde voedingsspanningen. Gescheiden netvoeding van licht en geluid bleek een simpele, maar afdoende oplossing voor dit verschijnsel.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

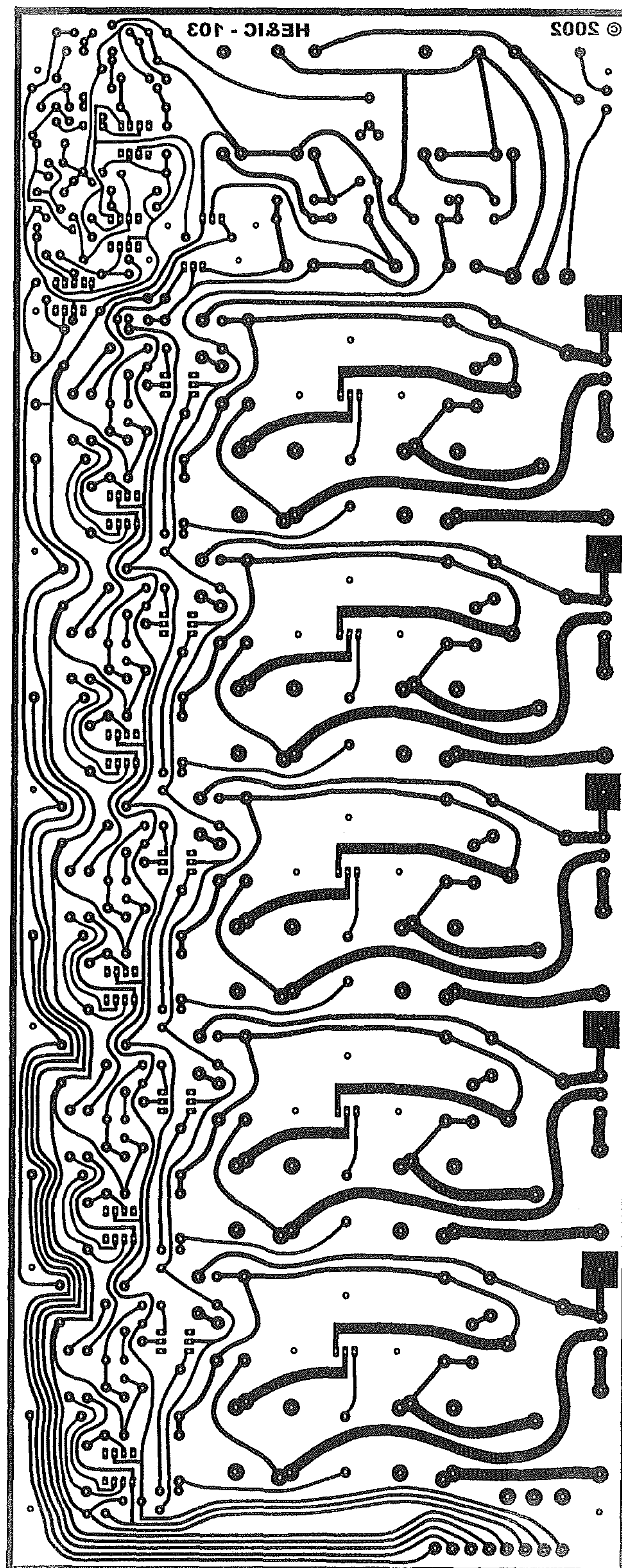
HOE MAAKT U DEZE PRINT?

Deze print is hier weergegeven op de helft van de ware grootte.
U kunt deze dus niet afdrukken op een A4 of zelfs een A3 printer.

U kunt het ontwerp als TIF-bestand downloaden van onze internet-site: www.vego.nl/hobby.

U zoekt in de Gouden Gids naar een copyshop in uw buurt die beschikt over een A2 inkjet-printer.

U gaat met het bestand op floppy (109 kB) naar deze shop en laat de print op transparante folie afdrukken met als afmetingen 41,8 cm bij 16,6 cm.



Figuur 4/15.22.2-8: De print voor de schakeling op de helft van de ware grootte.

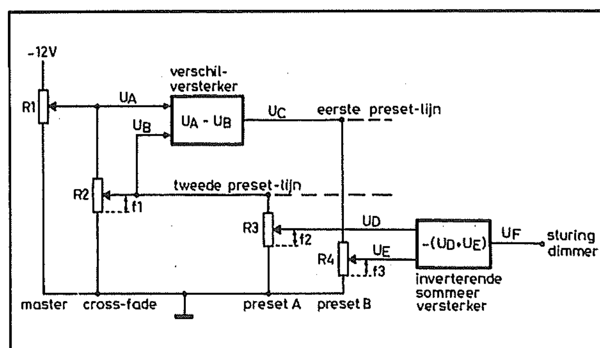
15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

4/15.22.3

Het regelpaneel met master- en cross-fader

Principe van het regelsysteem

De intensiteit van een spot wordt door vier potentiometers beïnvloed. In figuur 4/15.22.3-1 wordt het principeschema voor de sturing van één kanaal weergegeven. Allereerst is er master-fader R1, die de intensiteit van een spot regelt tussen 0 en een instelbaar maximum. Daarnaast zijn er twee preset-potentiometers R3 en R4, die dat maximum bepalen. Tot slot de cross-fader R2, die of de ene of de andere preset activeert.



Figuur 4/15.22.3-1: Het principe van het regelsysteem.

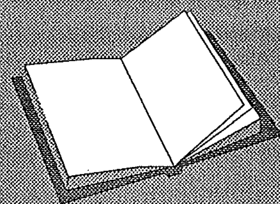
Dit op zich is al ingewikkeld genoeg. Daarnaast moet men echter ook nog eens rekening houden met de eis van dipless overgang van de ene voorinstelling naar de andere bij het bedienen van de crossfader. Het systeem werkt als volgt. De master legt een spanning tussen 0 V en -10 V aan één ingang van een verschilversterker. De cross-fader stuurt een fractie f1 van de master-spanning naar de tweede ingang van de verschilversterker. Deze schakeling berekent steeds het verschil Uc tussen beide spanningen. Deze Uc is de eerste presetlijn, waarop potentiometer R4 (preset B) is aangesloten. De tweede presetlijn wordt gevormd door de spanning op de loper van de crossfader, Ub. De twee met de preset's ingestelde spanningen, Ud en Ue, gaan naar de ingangen van een inverterende somversterker. De uitgang van deze schakeling levert de spanning Uf, die de dimmer stuurt.

Wat eenvoudige wiskunde

De werking van de schakeling en zeker het feit dat ze voldoet aan de dipless cross-fade eis, is heel moeilijk in een verhaaltje te verklaren. Laten we daarom maar enige simpele formules opstellen. We gaan berekenen waarvan de uitgangsspanning Uf allemaal afhankelijk is.

De cross-fader spanning:

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.1.4



Ub = f1 * Ua
waarbij f1 tussen 0 en 1 ligt.
De spanning op de eerste presetpotmeter:
Ud = f2 * Ub = f1 * f2 * Ua
waarbij f2 tussen 0 en 1 varieert.
De spanning op de eerste presetlijn:
Uc = Ua - Ub = Ua * (1 - f1)
De spanning op de tweede presetpotmeter:
Ue = f3 * Uc = f3 * Ua * (1 -f1)
Ue = Ua * (f3 - f1 * f3)
waarbij de f-factor f3 tussen 0 en 1 ligt.
We kunnen nu uitgangsspanning Uf van het systeem berekenen:
Uf = - (Ud + Ue)
Uf = - [f1 * f2 * Ua + (f3 - f1 * f3) * Ua]
Uf = - Ua * (f1 * f2 + f3 - f1 * f3)
Uit deze formule blijkt duidelijk de invloed van alle potentiometers op de uitgangsspanning.
De master-fader beïnvloedt de uitgang via factor Ua, de cross-fader via f1 en de preset's via f2 en f3.
In deze vorm kan men niet zo erg veel uit de formule afleiden. Vandaar dat enige speciale instellingen worden bekeken.

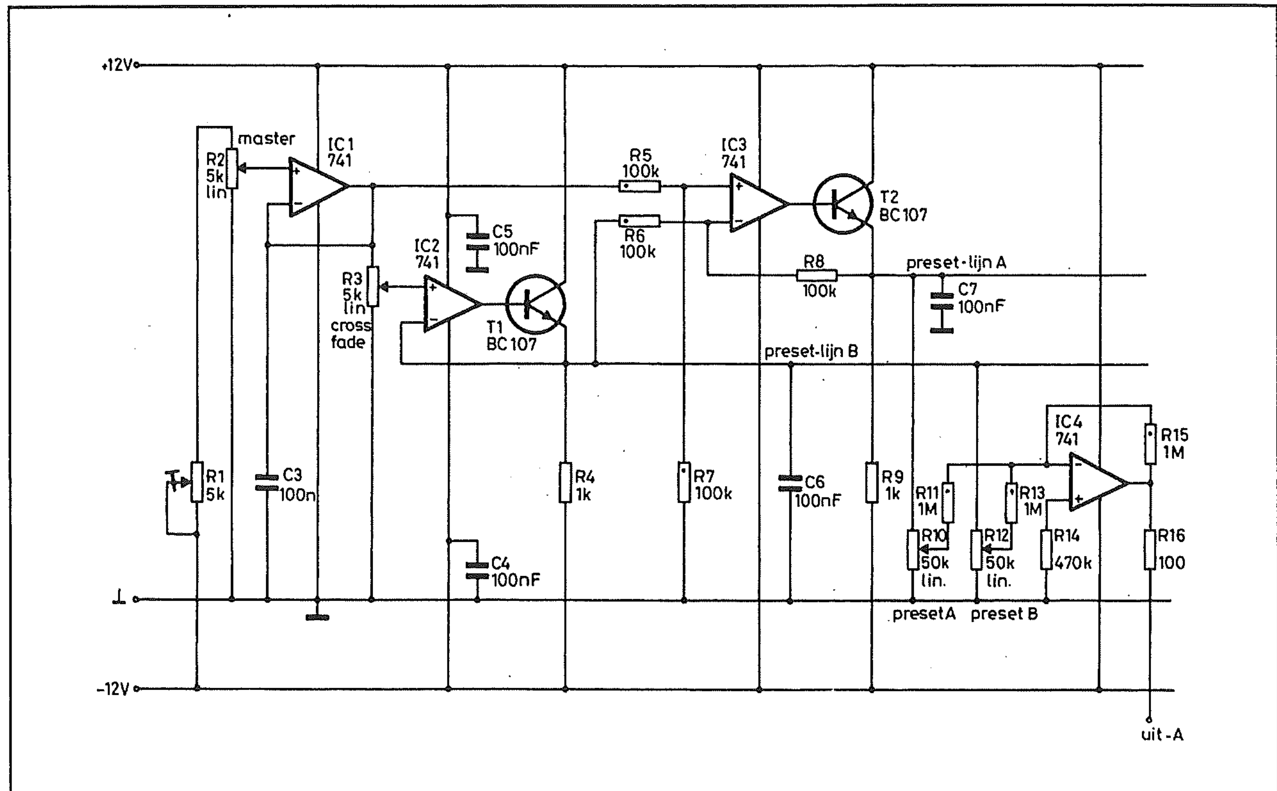
Cross-fader naar boven
Stel dat de cross-fader volledig naar boven wordt geschoven, zodat Ub = Ua en f1 = 1.
De formule voor de uitgangsspanning wordt dan:
Uf = - Ua * (f2 + f3 - f3)
Uf = - f2 * Ua
Conclusie: de uitgangsspanning wordt alleen bepaald door de instelling van de master-fader (Ua) en door de instelling van de preset A (f2).

Cross-fader naar beneden
Tweede geval: de cross-fader wordt volledig in de andere stand geschoven, wat overeen komt met Ub = 0 of f1 = 0. De uitgangsspanning is dan:
Uf = - Ua * (f3)
Uf = - f3 * Ua
De uitgangsspanning wordt bepaald door de instelling van de master-fader en door de instelling van de tweede preset-potentiometer R4.

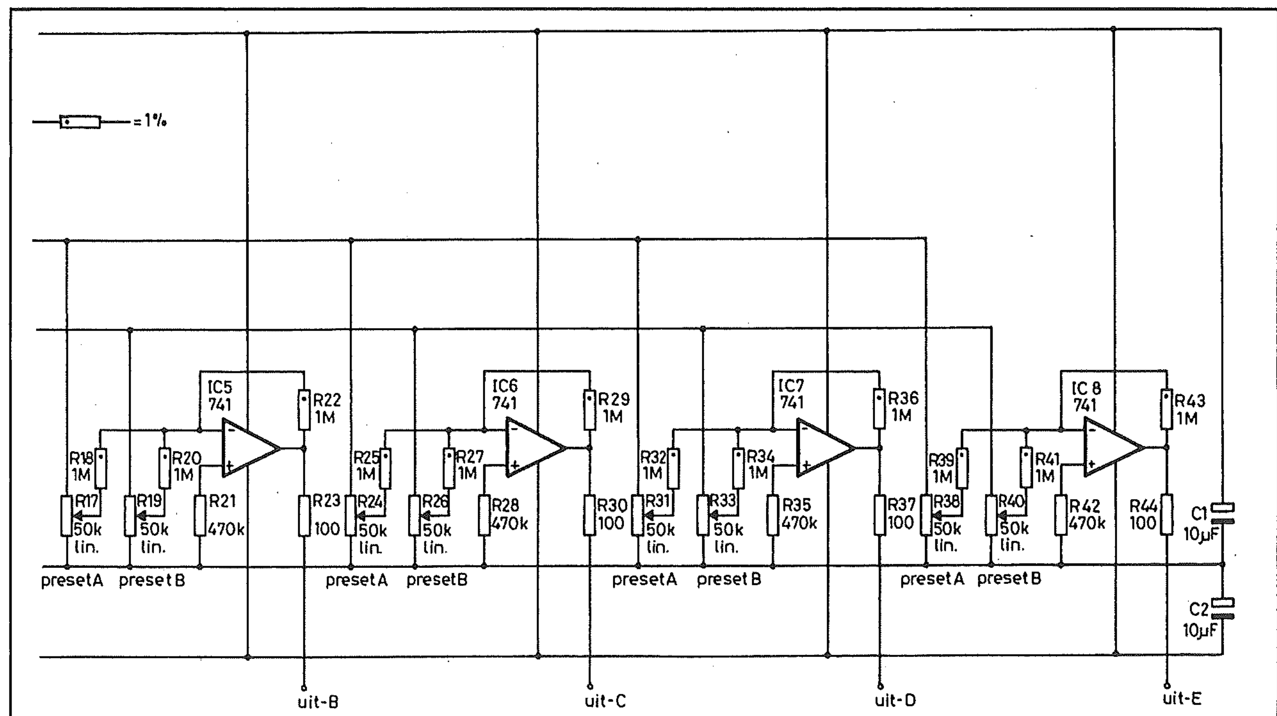
Dipless cross-fade
Nu moet nog worden bewezen dat het systeem voldoet aan de eis van dipless cross-fade. Als de preset's in dezelfde stand worden gezet (f2 = f3), dan mag het variëren van de stand van de cross-fader (factor f1) geen invloed hebben op de uitgangsspanning. Met andere woorden, de factor f1 mag dan niet in de formule van de uitgangsspanning voorkomen.
Stel f2 = f3 = f.
De uitgangsspanning is dan:
Uf = - Ua * (f1 * f + f - f1 * f)
Uf= - f * Ua
De uitgangsspanning is dus alleen afhankelijk van de instelling van de master-fader en van de gelijke stand f van de preset's. De factor f1, de stand van de cross-fader, speelt geen rol, de schakeling moet dus wel dipless werken! Een en ander gaat wel van de veronderstelling uit, dat de verschilversterker en de inverterende somversterker volgens deze formules werken. Het is dan wel noodzakelijk deze delen van het systeem met weerstanden van 1 % uit te rusten.

Schema van de stuurschakeling
Het volledige schema van het sturingsdeel van het dimmersysteem is getekend in de figuren 4/15.22.3-2 en -3. Master-fader R2 gaat via instelpotmeter R1 naar de -12 V voeding. Met R1 kan men het gebied van de uitgangsspanning ijken op maximaal +10 V.
Na de master-fader is een buffer rond IC1 opgenomen.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

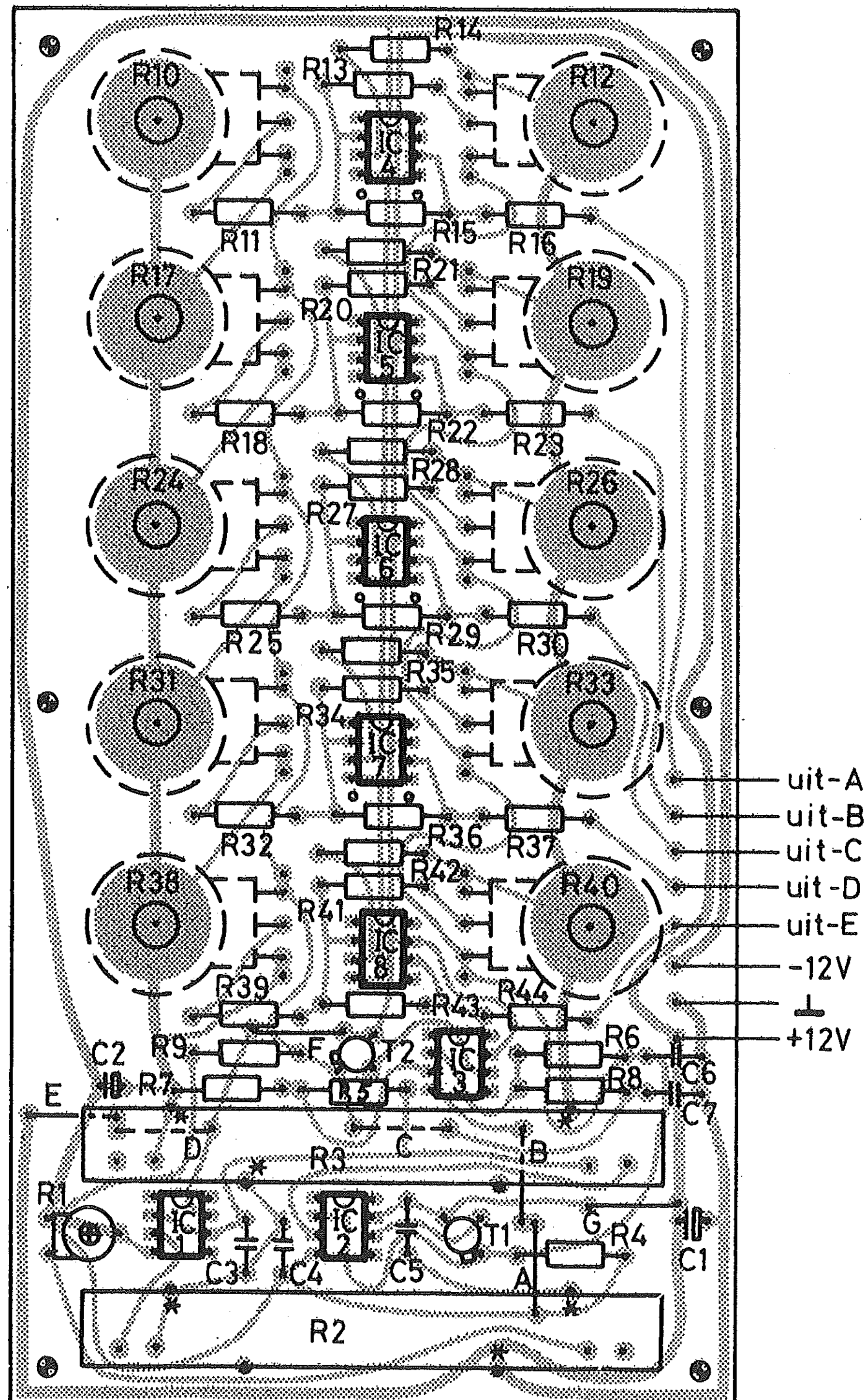


Figuur 4/15.22.3-2: Het volledige schema van de besturing, deel 1.



Figuur 4/15.22.3-3: Het volledige schema van de besturing, deel 2.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.3-5: De componentenopstelling van de regelprint.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

ONDERDELENLIJST

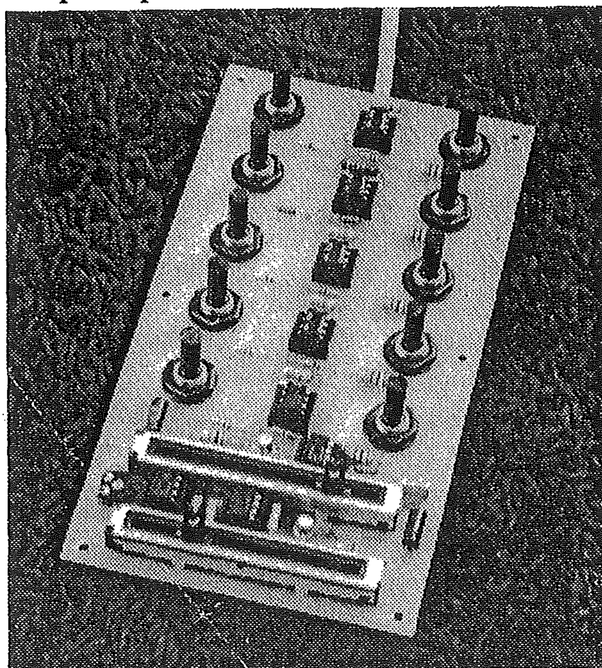
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %	
R4,R9	1 kΩ
R8	100 kΩ
R14,R21,R28,R35,R42	470 kΩ
R16,R23,R30,R37,R44	100 Ω
METAALFILM WEERSTANDEN, 1 %	
R5,R6,R7	100 kΩ
R11,R13,R15,R18,R20,R22	1 MΩ
R25,R27,R29,R32,R34,R36	1 MΩ
R39,R41,R43	1 MΩ
POTENTIOMETERS, LIN, MONO	
R10,R12,R17,R19,R24,R26	50 kΩ
R31,R33R38,R40	50 kΩ
SCHUIFPOTENTIOMETERS, LIN. MONO	
R2,R3	5 kΩ
INSTELPOTENTIOMETER, LIGGEND 10 x 5 mm	
R1	5 kΩ
CONDENSATOREN	
C1,C2	10 µF 16 V printelco
C3,C4,C5,C6	100 nF MKH
HALFGELEIDER	
T1,T2	BC107
IC1-IC8	741, mini-DIL
DIVERSEN	
8	printsoldeerlipje
8	knop voor 6 mm as
2	knop voor schuifpotentiometer
8	IC-voetje, 8 pennen

De uitgang van deze schakeling stuurt cross-fader R3 en één ingang van de verschilversterker. Ook de cross-fader wordt afgesloten met een buffer, waarbij emittervolger T1 is toegevoegd, zodat de eerste preset-lijn behoorlijk kan worden belast. IC3 en de 1 % weerstanden R5, R6, R7 en R8 vormen de verschilversterker. Deze schakeling is tevens als buffer bedraad (T2) voor de tweede preset-lijn. De inverterende optelversterkers zijn klassiek van bouw. Uiteraard treft men vijf identieke schakelingen aan.

Bouw van het regelkastje

De voedingsspanningen voor de elektronica van het regelkastje worden uit de grote dimmerkast gehaald. Het regelkast-

je kan dus erg plat worden gebouwd. Er is een print ontwikkeld, waarop alle onderdelen een plaatsje vinden, zie figuur 4/15.22.3-4 op de laatste pagina van dit hoofdstuk. De bestukking volgt uit figuur 4/15.22.3-5. Onder de IC's IC4, IC5, IC6 en IC7 zijn twee gaatjes geboord, waarmee de achtaderige kabel op de koperzijde van de print kan worden bevestigd. De twee schuifpotentiometers zijn van Ruwido, type 8-901-405-086. Andere exemplaren zullen waarschijnlijk niet rechtstreeks op de print passen.



Figuur 4/15.22.3-6: Het prototype van de print.

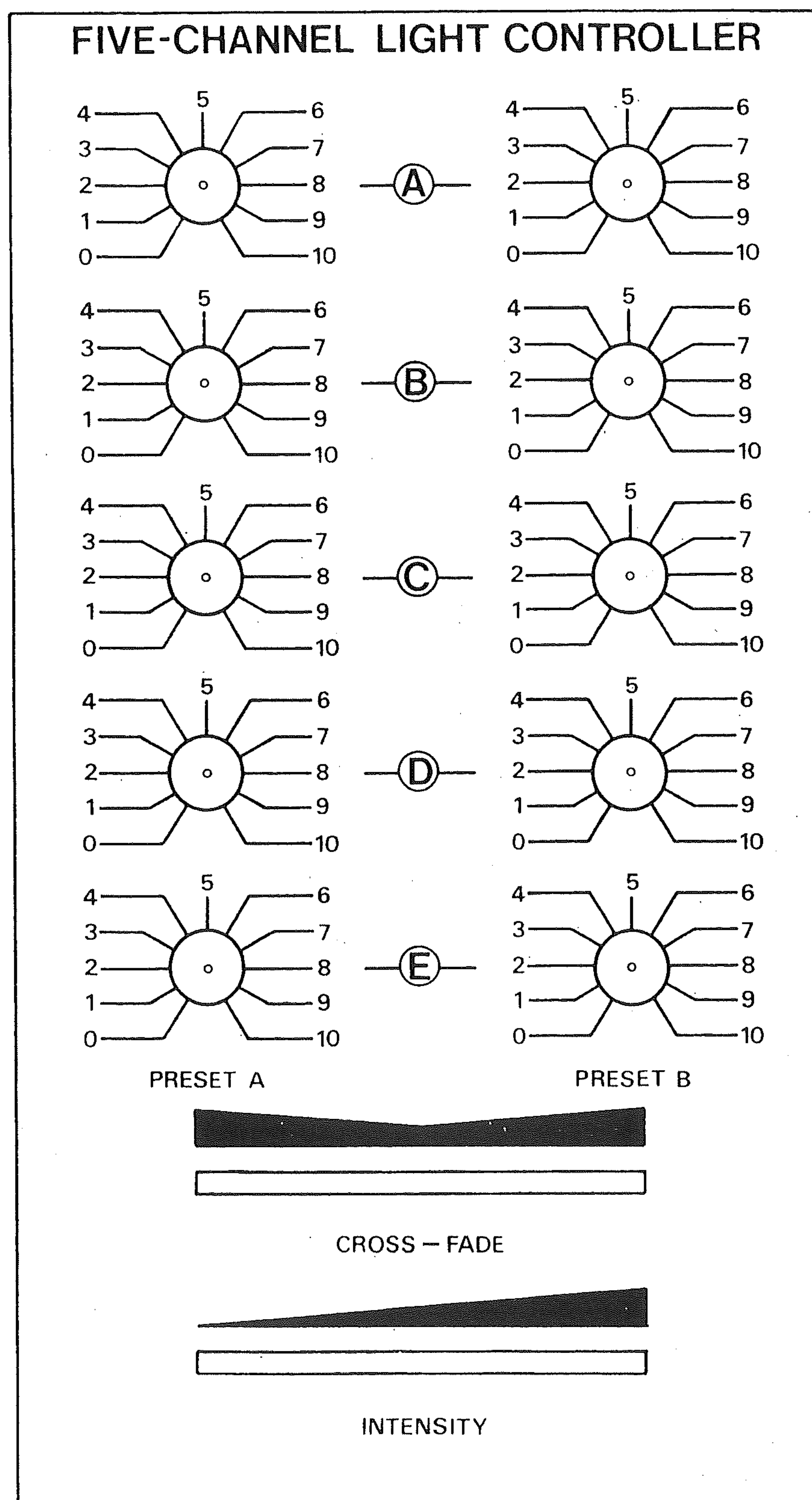
In de componentenopstelling is een aantal aansluitpunten van de schuifpotmeters van een sterretje voorzien. Dat zijn de bevestigingsgaatjes voor de potmeters. De genoemde Ruwido-typen hebben een metalen behuizing en deze metalen behuizing wordt gebruikt om de massa over de print te verdelen. Gebruikt men andere schuifpotentiometers, dan moeten de met een sterretje aangeduide gaatjes zonder meer met elkaar worden doorverbonden, zo niet dan zijn er onderbrekingen in de massa-lijn! De foto van figuur 4/15.22.3-6 geeft een impressie van het compleet gemonteerde prototype.

De bouw van het regelpaneel

Uiteraard kan iedereen het regelpaneeltje naar eigen wensen en voorkeuren in een kastje inbouwen. het is zelfs zéér waarschijnlijk dat de meeste nabouwers er de voorkeur aan geven ook de preset's onder de vorm van schuifpotentiometers uit te voeren. Daar is uiteraard niets op tegen, de bedoeling van dit ontwerp was echter, zoals gesteld in de inleiding, een absoluut mini-systeem te ontwikkelen. Vandaar de keuze voor draaipotentiometers en de inbouw in een in de hand te houden kastje. Wie voor deze optie kiest treft in figuur 4/15.22.3-7 het ontwerp van een bruikbaar frontplaatje op schaal 1/1 aan.
De print past precies onder dit ontwerpje. Het prototype van het kastje werd gemaakt van epoxy-print, een materiaal dat gemakkelijk te zagen en te schaven is. Nadien werden de zes plaatjes aan elkaar gesoldeerd en netjes aan de buitenzijde zwart gespoten.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

Figuur 4/15.22.3-7:
Ontwerp van de frontplaat op ware grootte.



15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

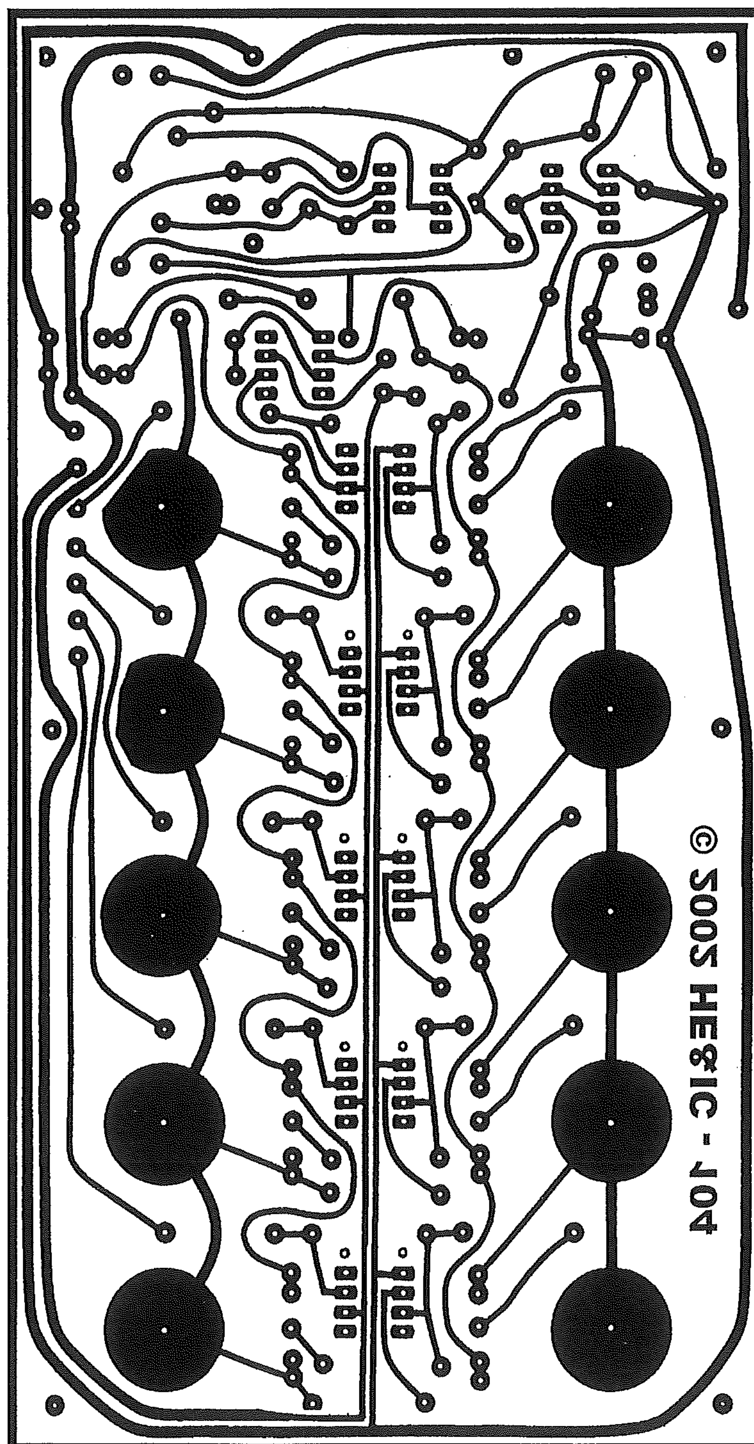
U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.



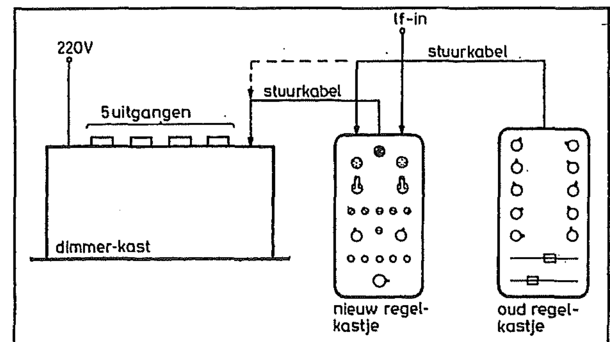
Figuur 4/15.22.3-4: De print voor de schakeling.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

4/15.22.4
Special Effect Light Modulator

Inleiding
Uit de eerder genoemde enquête (hoofdstuk 4/15.22.1) bleek dat nogal wat potentiële nabouwers van het systeem de regelmogelijkheden van het systeem te statisch vonden. Men wilde wat meer dynamische mogelijkheden. Gevraagd werd onder andere: lichtorgel, lichtloper, flash, etc. Na enig gepeins werd een oplossing gevonden, waarmee eenieder tevreden kan zijn. Door het ontwerpen van een extra besturingskastje wordt het systeem uiterst veelzijdig. De gevraagde effecten worden toegevoegd, zonder dat echter de bestaande typische theater regelmogelijkheden verloren gaan. Beide regelsystemen zijn namelijk niet alleen los te gebruiken met de dimmerkast, maar ook onderling te koppelen, waardoor de gebruiker alle regelmogelijkheden van beide systemen ter beschikking staan. In dit hoofdstuk wordt dit extra kastje, de "Special Effect Light Modulator", besproken.

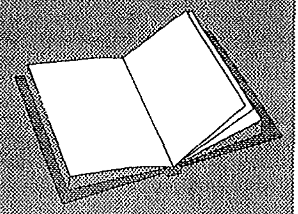
Het nieuwe systeem
In figuur 4/15.22.4-1 is het uitgebreide systeem getekend. Men herkent de dimmerkast en het oude regelkastje met zijn tien draaipotentiometers en twee schuifregelaars. Deze combinatie blijft uiteraard bruikbaar. Wie kiest voor de dynamische regelmogelijkheden, die bouwt de dimmerkast en het in dit hoofdstuk beschreven nieuw regelkastje. Dit kastje stuurt op de gebruikelijke manier door middel van een achtaderige stuurkabel de dimmers.



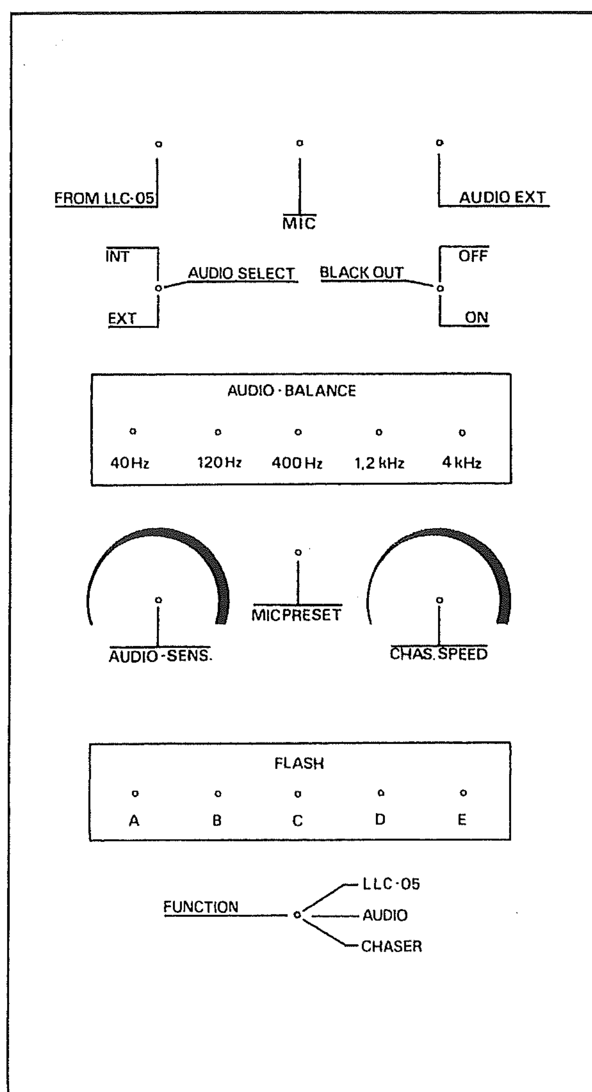
Figuur 4/15.22.4-1: De samenwerking tussen de onderdelen van het belichtingssysteem.

Op de mogelijkheden van het nieuwe regelpaneel wordt dadelijk teruggekomen. Wie het onderste uit de kan wil, die bouwt alle drie de apparaten na. Het theaterregelkastje wordt dan in het discokastje geplugd. Door middel van een omschake-

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/15.5
Hoofdstuk 4/15.14
Hoofdstuk 4/15.19



laar op het nieuwe kastje kan men dan omschakelen tussen regeling door middel van de potentiometers op het oude kastje of regeling door middel van de regelaars op de discobesturing.



Figuur 4/15.22.4-2: Het frontplaatje van de "Special Effect Light Modulator".

Mogelijkheden van het nieuwe systeem

Figuur 4/15.22.4-2 geeft een impressie van de diverse regelmogelijkheden. De onderste draaischakelaar (function) kiest tussen "LLC-05" (het oude systeem), "audio" of "chaser". In de eerste stand kan het licht worden geregeld via een op het nieuwe kastje aangesloten theater regelpaneel. In de middelste stand is een vijfkanaals lichtorgel aangesloten op de dimmers, in de onderste stand een vijfkanaals looplicht.

Lichtorgel

Het optreden van een popgroep gaat gepaard met een ontzettende kabeltroep. Om daar niet nog het onnodige aan toe te voegen is het regelkastje uitgerust met een zeer gevoelige electret microfoon, die het omgevingsgeluid oppikt, versterkt en er het lichtorgel mee stuurt. Voor die toepassingen waar dit principe niet bruikbaar is, kan men een extern audiosignaal, bijvoorbeeld van een mixer, aansluiten op de kast en via dit signaal het lichtorgel sturen. Door middel van schakelaar "audio-select" kan men tussen beide mogelijkheden kiezen.
Gebruikt men de ingebouwde microfoon, dan kan men de gevoeligheid van dit onderdeel aanpassen aan het aantal decibels van het omgevingsgeluid door middel van potentiometertje "mic preset". Met de "audio sensitivity" potentiometer is een fijnregeling op deze instelling mogelijk. Deze potentiometer wordt ook gebruikt bij het sturen van het lichtorgel met een extern audiosignaal. Een signaal van 0 dB, wat het meest gebruikelijke uitgangsniveau van mixers is, is voldoende voor volledige uitsturing van het orgel.
Omdat de dimmerkast vijf kanalen heeft, is het logisch het lichtorgel met vijf kanalen uit te voeren. Deze kanalen zijn frequentie-afhankelijk en reageren op de volgende centrale frequenties: 40 Hz, 120 Hz, 400 Hz, 1,2 kHz en 4 kHz. Deze frequentieband lijkt klein in verhouding tot de zogenoemde audioband van 20 Hz

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

tot 20 kHz. De basisfrequenties van de door popmuzikanten gebruikte instrumenten gaan echter niet boven de 4 kHz en het is dus onzin het frequentiegebied breder te maken.
Zoals ieder lichtorgel heeft ook dit de mogelijkheid de gevoeligheid van ieder kanaal te regelen. Deze mogelijkheid heet "audio-balance" en omdat dat toch maar een eenmalige instelling is, zijn deze vijf regelaars uitgevoerd als instelpotentiometertjes, bereikbaar via asjes zonder knop.

Looplicht

Wat iedereen looplicht noemt, wordt in het wereldje van de professionele belichting opeens "chaser" genoemd. Als de functieschakelaar in de stand "chaser" wordt gezet, dan worden alle vijf dimmers na elkaar volledig uitgestuurd.
De frequentie is regelbaar met de potentiometer "chaser-speed" tussen een halve cyclus per seconde tot 20 cyclussen per seconde.

LLC-05

In deze stand van de functieschakelaar is het lichtorgel en de "chaser" uitgeschakeld en worden de dimmers gestuurd door de regelelementen op het regelkastje, besproken in het vorige hoofdstuk.

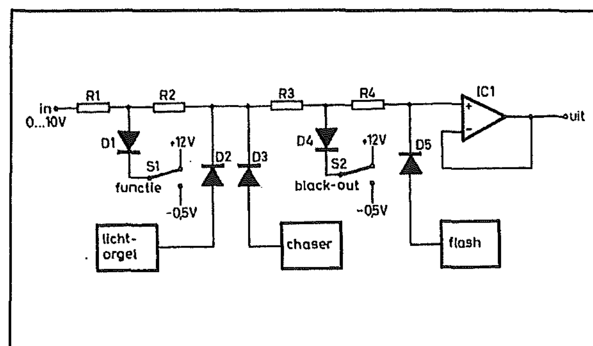
Extra opties

Naast de genoemde mogelijkheden, heeft de "Special Effect Light Modulator" nog twee eigenschappen, die absolute voorrang hebben op de reeds besproken eigenschappen.
Als men de schakelaar "black-out" in de "on"-stand zet, doven plotsklaps alle aangesloten lampen of spot's. Dit is een vaak gebruikt grapje om bijvoorbeeld bij het einde van een nummer de zaal in absolute duisternis te hullen.

Daarnaast zijn vijf zogenaamde "flash" tiptoetsen ingebouwd. Het beroeren van deze toetsen stuurt de aangesloten lampen naar volle intensiteit. De "flash" heeft absolute voorrang, wat betekent dat deze mogelijkheid ook bij ingeschakelde "black-out" kan worden gebruikt.

Principe van het systeem

Het ontwerpen van de elektronica voor het realiseren van de besproken mogelijkheden is uiteraard een fluitje van een cent. Wat wél enige hoofdbrekens kostte was het invoegen van de disco-sturing in het bestaande systeem, zonder de regelmogelijkheden van de eerder beschreven apparatuur te beïnvloeden. Na enig gepeins werd de oplossing gekozen, die in figuur 4/15.22.4-3 schematisch is getekend.



Figuur 4/15.22.4-3: Het combineren van de besturingssignalen van de twee kastjes.

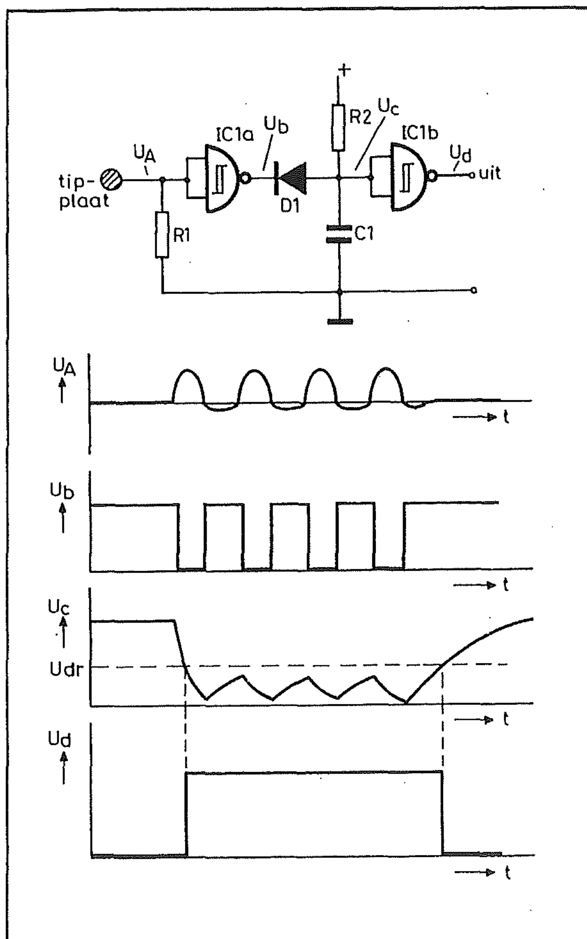
Voor de goede orde nog even in het kort de eigenschappen van de dimmers: de dimmers worden gestuurd met gelijkspanningen, variërend in grootte tussen 0 V en +10 V. De lichtintensiteit is evenredig met de grootte van deze spanning. Als men een theaterstuurkastje op de discosturing aansluit, dan moet deze stuurspanning ongehinderd door de

schakeling gaan als de functie-schakelaar in stand LLC-05 staat.
Dat is gerealiseerd door het bouwen van één menglijn per kanaal, samengesteld uit een aantal weerstanden en dioden. Als de vijf dioden even worden weggedacht, dan staat er tussen de in- en de uitgang een operationele buffer met een zeer hoge ingangsweerstand en vier in serie geschakelde weerstanden. De ingangsimpedantie van de buffer is zo hoog, dat er over de weerstanden geen meetbare spanning valt. Kortom: het stuursignaal van 0 V tot +10 V verschijnt onverzwakt op de positieve ingang van de buffer en dus ook op de uitgang.
In de stand "LLC-05" van functieschakelaar S1 wordt de kathode van D1 verbonden met +12 V. Dit onderdeel spert en beïnvloedt de schakeling niet. Andere segmenten van de functieschakelaar zorgen ervoor, dat de "lichtorgel"- en "chaser"-schakelingen geen spanningen afgeven. De dioden D2 en D3 sperren bijgevolg ook, zij spelen niet mee.
Als de "black-out"-schakelaar S2 op "off" staat, wordt de kathode van diode D4 met +12 V verbonden. Dit onderdeel spert en is uitgeschakeld. Zolang men niet op een van de "flash"-tiptoetsen drukt, levert ook deze schakeling geen spanning af en spert bijgevolg ook diode D5.
Conclusie: het regelsignaal van het theaterkastje doorloopt ongehinderd de schakeling.
Bij het bedienen van een "flash" wekt deze schakeling een spanning van +10 V op. Diode D5 geleidt, deze spanning verschijnt op de bufferingang en dus ook op de stuuruitgang van het apparaat.
Schakelt men de "black-out" naar "on", dan wordt de kathode van D4 verbonden met een spanning van -0,5 V. Deze diode sluit dan alle signalen die via weerstand R3 naar de uitgang willen doordringen kort. De ingang van de buffer staat op 0 V, de lampen doven. Alleen de "flash" kan daar nu verandering in brengen.
Zet men de functieschakelaar in stand "audio" of "chaser", dan wordt de kathode van D1 verbonden met een spanning van -0,5 V. Dit onderdeel geleidt en sluit het, via weerstand R1, toegevoerde regelsignaal uit de theater regelkast kort. Het "lichtorgel"- of het "chaser"-signaal gaat via een van de dioden D2 of D3 naar de menglijn en vandaar naar de uitgang.

"Flash"-schakeling
Het gebruik van aanraaktoetsen voor de "flash" boven drukschakelaars heeft een aantal voordelen. In de eerste plaats de prijs. De elektronica voor het opbouwen van een tiptoets is goedkoper dan het gebruik van kwalitatief goede drukschakelaars. In de tweede plaats zijn tiptoetsen handiger te bedienen. Men kan met de vinger de tiptoetsen "strelen", terwijl men bij een schakelaar echt moet drukken. De meeste tiptoetsen bestaan uit twee contacten die, overbrugd door de huidweerstand, een schakeling activeren. De betrouwbaarheid van dit systeem is gering, omdat men na enige tijd te maken krijgt met vervuiling van de isolatie tussen de contacten. Bovendien is er niet zoveel keuze in dit soort tiptoetsen.
Vandaar dat gebruik is gemaakt van een ander systeem, namelijk de 50 Hz inductiespanning, die iedereen met zich voert en zijn oorsprong vindt in het overal aanwezige elektromagnetische veld van de 50 Hz netspanning.
Het basisschema is getekend in figuur 4/15.22.4-4. Twee (COSMOS) schmitt-trigger poorten zijn als invertoren geschakeld door het parallel schakelen van de ingangen. De ingang van de eerste poort

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

is door middel van een hoge weerstand R1 met de massa verbonden. De uitgang Ub is dus gelijk aan de voedingsspanning. Aan de ingang van de tweede poort is een RC-netwerk aangesloten, met een specifieke tijdconstante.



Figuur 4/15.22.4-4: Het schema van de tiptoetsen van de "flash"-functie.

In rust is de condensator volledig opgeladen, de ingang van de tweede poort ligt op +12 V en de uitgang is nul. Nu raakt men de tiptoets aan. Op de ingang verschijnt een 50 Hz spanning, waarvan de positieve toppen boven de drempel van de schmitt-trigger komen. De poort reageert door het omschakelen van haar uitgang. Ub schakelt dus voortdurend om tussen 0 V en +12 V. Als de uitgang van deze poort nul is, dan gaat diode D1 geleiden. Het gevolg is dat condensator C1 ontlaadt via de geleidende diode en de uitgangsweerstand van 400 Ω van de poort. De uitgang Ud van de schakeling gaat naar de voeding toe. Als Ub weer positief wordt, dan spert de diode en wordt C1 opgeladen via weerstand R2. Dit opladen gaat echter relatief traag en de spanning over de condensator wordt bijgevolg niet gelijk aan de drempelspanning van de schmitt-trigger. De uitgang van de schakeling blijft hoog. Zolang men zijn vinger op de tiptoets houdt, blijft de spanning op de ingang van de tweede poort onder de drempelspanning en levert de schakeling een uitgangssignaal van +12 V.

Na het loslaten van de toets gaat Ub naar +12 V, de condensator laadt zich via weerstand R2 tot deze spanning op en de uitgang van de schakeling gaat naar massa. Er is dus, door de tijdconstante van de lading, een klein tijdverschil tussen het loslaten van de toets en het laag worden van de uitgang, maar dat is niet eens zichtbaar. Het lijkt alsof de lampen doven op het moment dat men de toets loslaat.

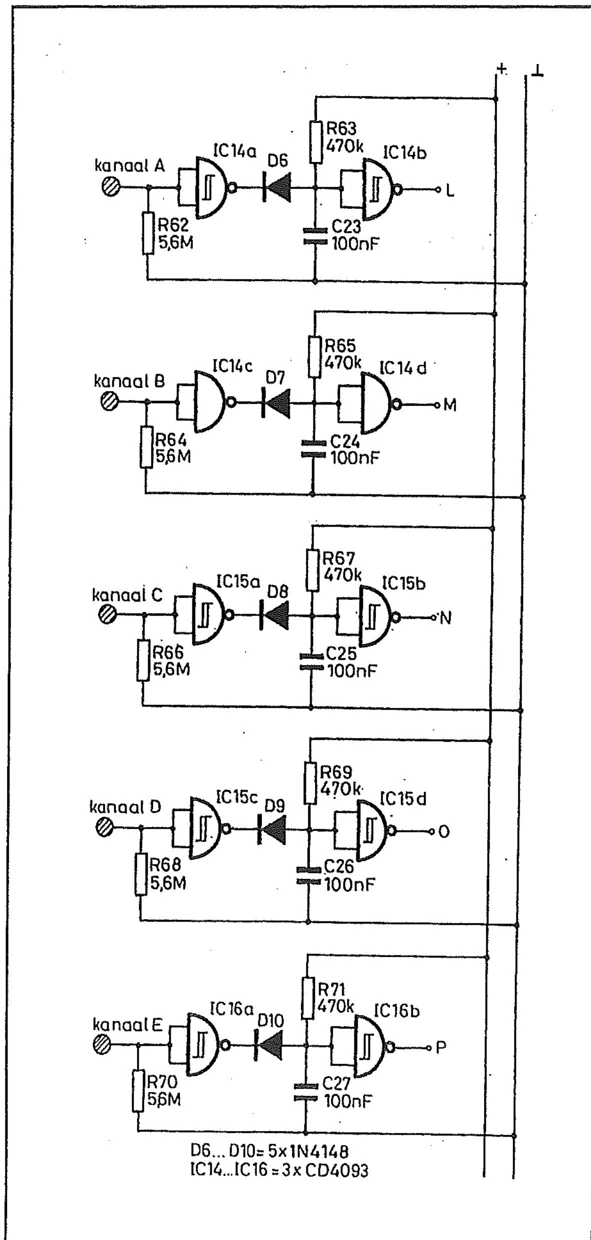
Het praktisch schema van de "flash"-schakeling is getekend in figuur 4/15.22.4-5 en bestaat uit vijfmaal het basisschema, waarvoor dus twee en een half IC's nodig zijn. De punten L, M, N, O en P gaan naar de dioden van de menglijnen.

Lichtorgel

Het blokschema van het lichtorgel is getekend in figuur 4/15.22.4-6. De electret microfoon wordt via weerstand R1 gevoed uit de voedingsspanning van het apparaat en stuurt zijn signaalspanning via een hoogdoorlaat filter C1-R2 naar de ingang

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

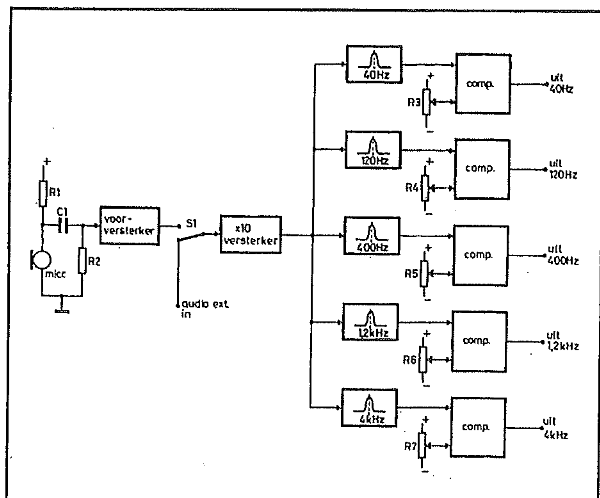
van de voorversterker. Dit filter zorgt voor de onderdrukking van subsonische signalen, veroorzaakt door mechanische trillingen en stoten tegen de kast.



Figuur 4/15.22.4-5: De praktische schakeling van de "flash"-utility.

Na deze voorversterker vindt men de "audio-select"-omschakelaar terug. Het versterkte microfoonsignaal of het extern aangevoerde audiosignaal doorloopt een tweede versterker (x 10). De uitgang hiervan stuurt vijf frequentieselectieve filters met centrale frequenties van 40 Hz, 120 Hz, 400 Hz, 1,2 kHz en 4 kHz.

Na simpele gelijkrichting en enige vorm van afvlakking gaan de signalen naar comparatoren, waarvan de tweede ingang verbonden is met de loper van de "audiobalance"-potentiometers. Als de gelijkgerichte uitgang van een filter boven de met de potentiometer ingestelde drempel komt, klapt de comparator om en levert een signaal van +12 V aan de uitgang. Via de diode in de mengschakeling gaat dit signaal naar de uitgang van de regelkast en vandaar naar de dimmers.



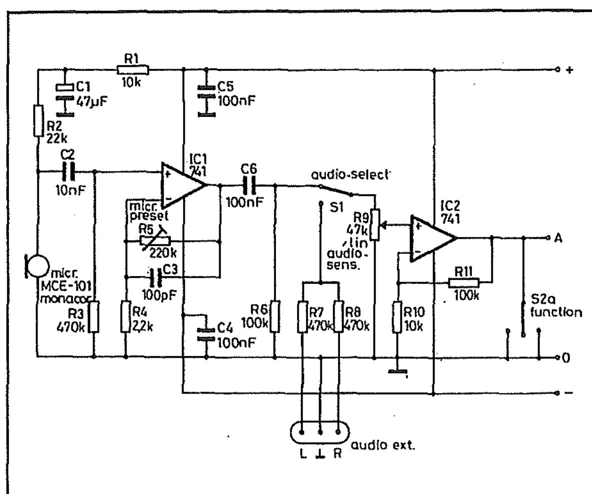
Figuur 4/15.22.4-6: Het blokschema van het lichtorgel.

Er is dus gekozen voor een simpel aan/uit-systeem, in plaats van een proportionele regeling. Bij dit laatste principe bepaalt de grootte van een frequentiegebied in het geluidssignaal de intensiteit van de aangesloten lamp. In principe lijkt dit een veel beter systeem, uit proeven blijkt echter dat de simpele aan/uit-regeling een veel

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

flitsender werking van het lichtorgel geeft.

Figuur 4/15.22.4-7 geeft de praktische schakeling van de versterkers. De electret microfoon MCE-101 is van Monacor, de voedingsspanning wordt door middel van R1 en C1 uit de systeemvoeding betrokken. De versterking van de eerste trap is door middel van R5 regelbaar tussen 1 en 100.

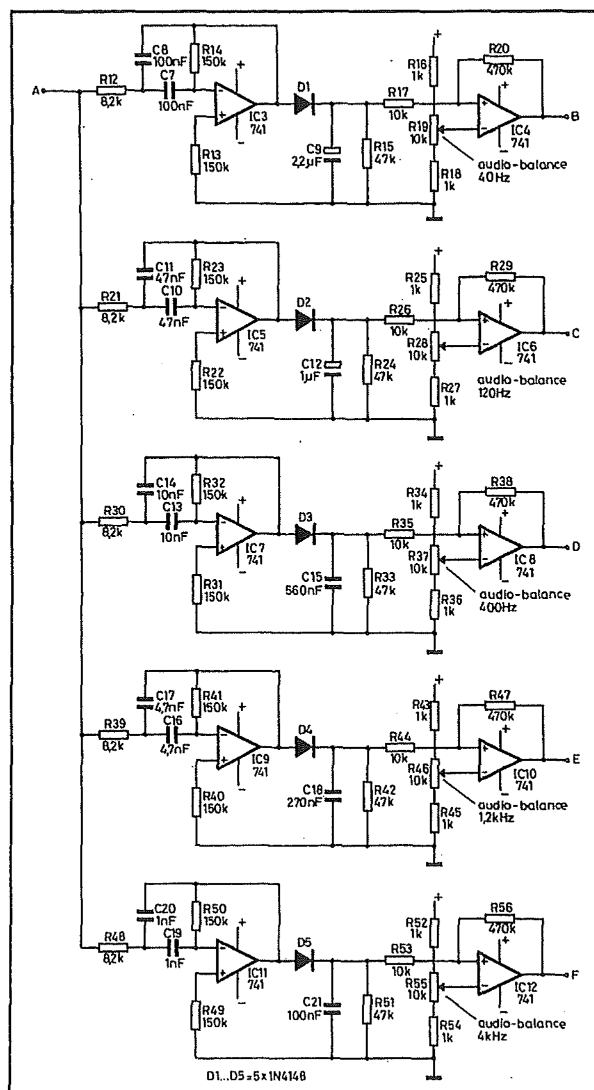


Figuur 4/15.22.4-7: De schakeling van de versterkers van het lichtorgel.

Dit grote regelgebied is noodzakelijk omdat men het kastje zowel in de buurt van de monitorweergevers kan opstellen als achter in de zaal, afhankelijk van de plaats waar de optredende groep de licht- en geluidstechnicus kwijt wil.

Via de weerstanden R7 en R8 worden de stereosignalen van het extra geluidssignaal gemengd. Na omschakelaar S1 volgt de fijnregeling (R9) van de gevoeligheid en de extra x10-versterker. Uitgang A stuurt de vijf bandfilters. Door middel van een segment van de functieschakelaar (S2a) wordt de uitgang van de versterker kortgesloten in de standen "chaser" en "LLC-05".

De bandfilters, gelijkrichters en comparator zijn getekend in figuur 4/15.22.4-8.



Figuur 4/15.22.4-8: De praktische schakeling van de bandfilters van het lichtorgel.

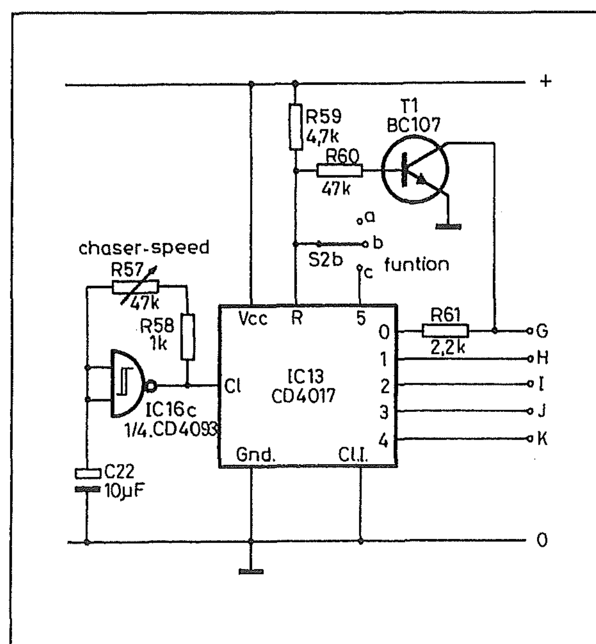
Hoewel deze schakeling vrij complex aandoet, valt er eigenlijk weinig over te vertellen. De filters zijn met een op-amp op de algemeen bekende wijze ontworpen, de gelijkrichter is een simpel diode-R-C netwerkje en de comparator bestaat uit een op-amp met hysteresis (via weerstand tussen uitgang en positieve ingang).

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

De punten B, C, D, E en F sturen weer de dioden van de menglijnen.

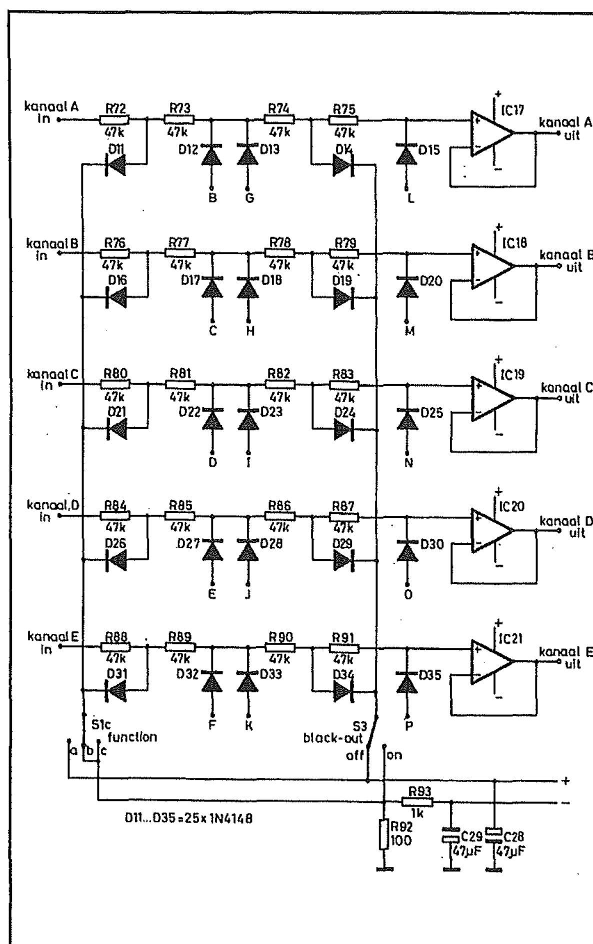
De "chaser"-schakeling

Een lichtloper is steeds samengesteld uit een astabiele multivibrator en een teller met gedecodeerde uitgangen. Het schema is getekend in figuur 4/15.22.4-9. Voor de multivibrator kan men gebruik maken van een poort in de maar half gebruikte schmitt-trigger IC16. Door middel van de bekende R-C-schakeling vormt men een pulsgenerator met een frequentie tussen 1 Hz en 100 Hz.



Figuur 4/15.22.4-9: De schakeling van de oscillator voor het looplicht.

Als teller gebruikt men een CD4017. Dit is een tienteller met tien gedecodeerde uitgangen. Het nadeel van dit IC is dat bij een hoge reset de "0"-uitgang hoog is. In rust zou dus steeds het eerste kanaal van het looplicht worden gestuurd. Vandaar een extra transistor T1, die de uitgangsspanning kortsluit naar massa.



Figuur 4/15.22.4-10: De praktische schakeling van de menglijnen.

Het segment S2b van de functieschakelaar verbindt de reset-ingang van het IC via weerstand R59 met de voedingsspanning in de standen "LLC-05" en "audio". De teller is dan gereset en de "0"-uitgang hoog. Via weerstand R60 wordt transistor T1 echter in verzadiging gestuurd. Uitgang G wordt kortgesloten naar massa. Als men de functieschakelaar in de stand "chaser" zet, wordt de reset van het IC verbonden met de vijfde uitgang. Deze is nul en het IC gaat de multivibratorpulsen tellen. De sturing van de basis van T1 valt weg en uitgang G wordt +12 V. Na de eerste klokpuls gaat de "0"-uitgang naar nul en de "1"-uitgang naar +12 V.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R10,R17,R26,R35,R44	10 kΩ
R53	10 kΩ
R2	22 kΩ
R3,R7,R8,R20,R29,R38,R47	470 kΩ
R56,R63,R65,R67,R69,R71	470 kΩ
R4,R61	2,2 kΩ
R6,R11	100 kΩ
R12,R21,R30,R39,R48	8,2 kΩ
R13,R14,R22,R23,R31,R32	150 kΩ
R40,R41,R49,R50	150 kΩ
R15,R24,R33,R42,R51,R60	47 kΩ
R72-R91	47 kΩ
R16,R18,R25,R27,R34,R36	1 kΩ
R43,R45,R52,R54,R58,R93	1 kΩ
R59	4,7 kΩ
R62,R64,R66,R68,R70	5,6 MΩ
R92	100 Ω

INSTELPOTENTIOMETERS, LIGGEND, 10 x 15 mm

R5	220 kΩ
R19,R28,R37,R46,R55	10 kΩ

POTENTIOMETERS, MONO, LIN

R9,R57	47 kΩ

CONDENSATOREN

C1,C28,C29	47 µF	16 V printelco
C2,C13,C14	10 nF	MKH
C3	100 pF	ceramisch
C4,C5,C6,C7,C8,C21	100 nF	MKH
C23,C24,C25,C26,C27	100 nF	MKH
C9	2,2 µF	16 V printelco
C10,C11	47 nF	MKH
C12	1 µF	16 V printelco
C15	560 nF	MKH
C16,C17	4,7 nF	MKH
C18	270 nF	MKH
C19,C20	1 nF	MKH
C22	10 µF	16 V printelco

HALFGELEIDERS

D1-D35	1N4148
T1	BC107
IC1-IC12,IC17-IC21	741, mini-DIL
IC13	CD4017
IC14,IC15,IC16	CD4093

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

Diversen

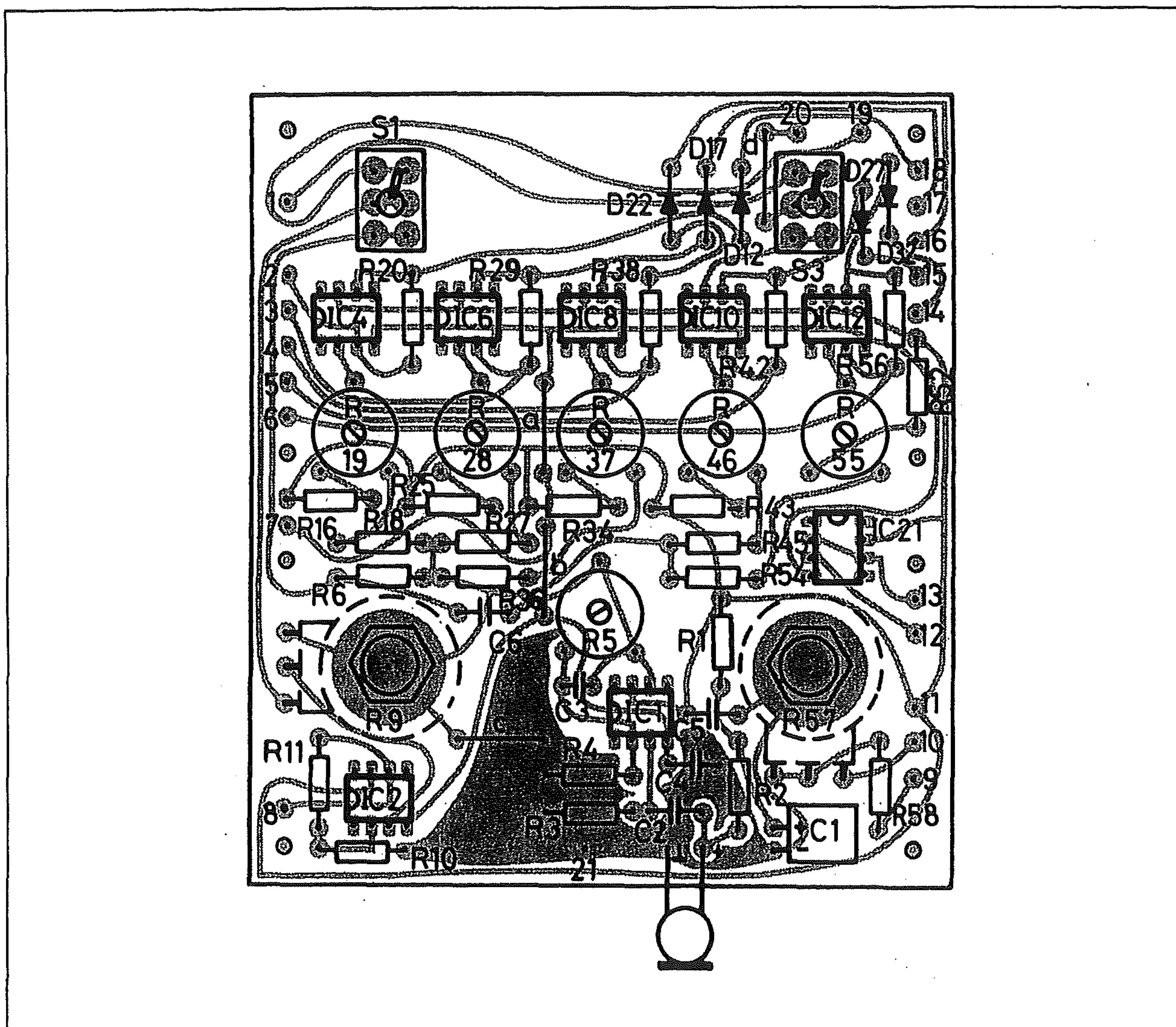
1	electret microfoon, bv. MCE-101
1	draaischakelaar, 4 x 3 standen
2	tuimelschakelaar, 1xOM
44	printsoldeerlipje
8	IC-voetje, 8 pennen
1	IC-voetje, 16 pennen
5	instelasje voor instelpotentiometer, 20 mm lang
11	M3x30 boutje, messing
4	M3x25 boutje, messing
15	M3 moertje
5	plastic afstandsbusje, 25 mm
4	plastic afstandsbusje, 20 mm
4	plastic afstandsbusje, 7,5 mm

Na de vijfde ingangspuls wordt de "5"-uitgang hoog, de reset wordt gestuurd en deze actie reset de schakeling. De "0"-uitgang wordt weer hoog.
De punten G, H, I, J en K sturen de dioden van de diverse menglijnen.

Menglijnen
Het principe van de menglijnen is reeds in het begin van dit hoofdstuk besproken, vandaar dat de schakeling van figuur 4/15.22.4-10 niet zoveel geheimen te verbergen heeft.
De spanning van -0,5 V voor het geleidend maken van de dioden wordt opgewekt door middel van een spanningsdelertje R92-R93. Waarom de kathoden van de dioden niet gewoon naar massa schakelen? Dan blijft er toch nog een geleidingsspanning van 0,5 V over het onderdeel staan. Deze spanning staat ook op de menglijn en dringt door in de uitgang van het apparaat. De lampen, aangesloten op de dimmers, zouden dan op een klein pitje gaan branden, wat natuurlijk niet de bedoeling is.

Bouw van het apparaat
De "Special Effect Light Modulator" is ontworpen voor inbouw in een identiek kastje als de theater regeling. Dat had nogal wat problemen tot gevolg. De theater regeling bevat slechts acht operationele versterkers en wat los grut. De schakeling van de disco-unit bevat niet minder dan 21 IC's, 93 weerstanden, 29 condensatoren en al wat daar verder bijhoort. Eén print met de afmetingen van de theater regeling kan onmogelijk alle componenten bevatten, vandaar dat er gekozen is voor twee printen, die op elkaar worden bevestigd en door middel van een groot aantal draadjes elektrisch met elkaar worden verbonden.
De onderste print is getekend in figuur 4/15.22.4-11, voorwaar een meesterwerkje! De twee grote gaten moeten worden geboord, want het is de bedoeling dat de potentiometers van de "chaser-speed" en de "audio-sensitivity" (die op de kleine print worden geschroefd) in deze gaten passen. De inbouwruimte in de toegepaste kasten is immers slechts 25 mm en dat vereist dat beide printen zo dicht op elkaar worden gemonteerd dat er tussen de printen geen ruimte is voor de potentiometers. Figuur 4/15.22.4-12 geeft het printontwerp van de kleine print.
De bestukking volgt uit de figuren 4/15.22.4-13 en -14.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

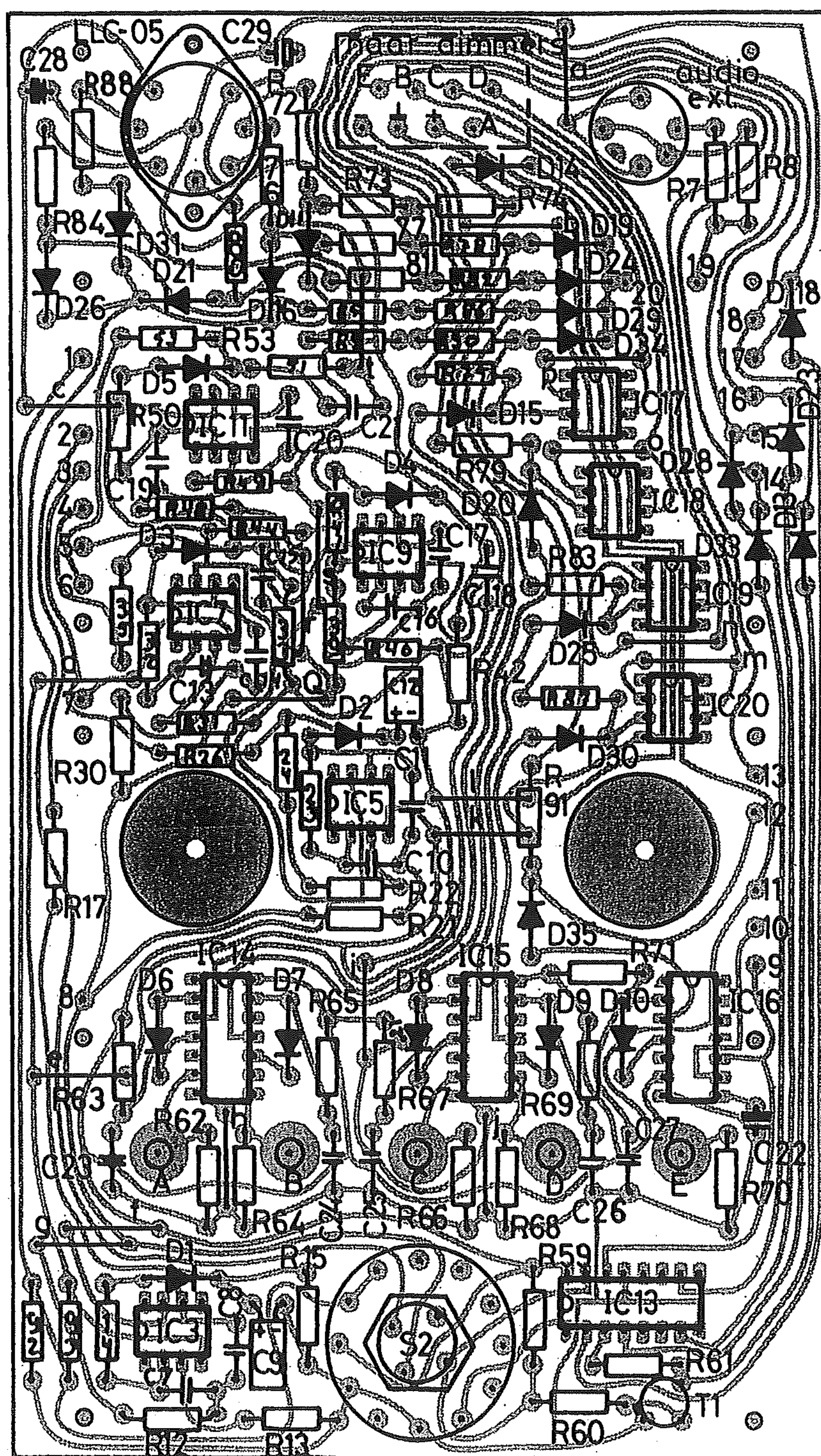


Figuur 4/15.22.4-13: De componentenopstelling van de kleine print.

Op de kleine print zitten vier draadbruggen: a, b, c en d. Nadien kunnen de zeven IC-voetjes worden gesoldeerd, de dioden, de weerstanden en de condensatoren. Elco C1 wordt plat op de print gemonteerd. De instelpotentiometers zijn van Piher, type P15V, en worden voorzien van asjes met een lengte van 19,6 mm. De assen van beide draaipotentiometers worden afgezaagd op 17 mm lengte van de bevestigingshuls, daarna worden deze onderdelen eerst op de print gemonteerd en nadien gesoldeerd.

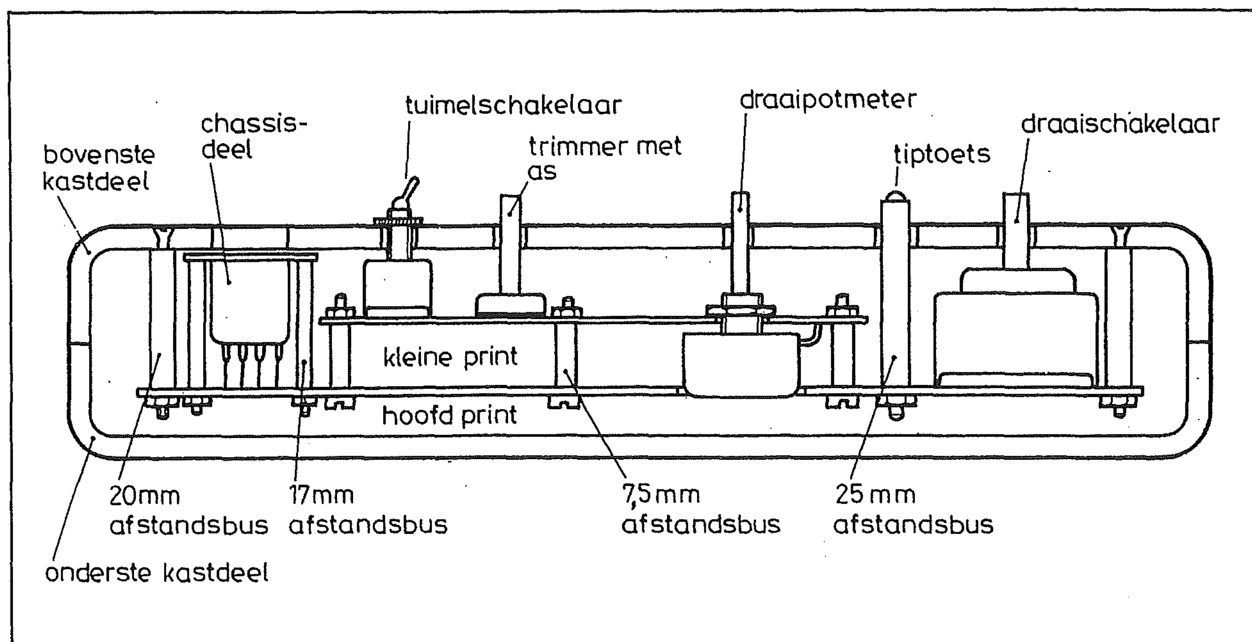
De twee tuimelschakelaars zijn modellen voor printmontage van C&K. De grote print herbergt twintig draadbruggetjes, gecodeerd a tot en met t. Alleen IC3 en IC13 ervaren de luxe van een voetje, de afstand tussen beide printen laat niet toe elders IC-voetjes te gebruiken. De "flash"-tiptoetsen worden vervaardigd uit messing M3-schroeven van 30 mm, die met tussenschakeling van 25 mm lange plastic afstandsbussen op de print worden bevestigd. De draaischakelaar vereist enige voorbereiding.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.4-14: De componentenopstelling van de grote print.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.4-15: De montage van de twee printen in het kastje.

De tandveer ring wordt verwijderd, nadien schroeft men de moer terug op het asje. Men klemt de as in de boormachine en zaagt, terwijl de machine op lage snelheid draait, het vrije gedeelte van de schroefdraad af. Niet te diep zagen, anders wordt de as van de schakelaar ingezaagd! Nadien kort men de as van de schakelaar in tot 14 mm en monteert het onderdeel op de print.

De eindmontage

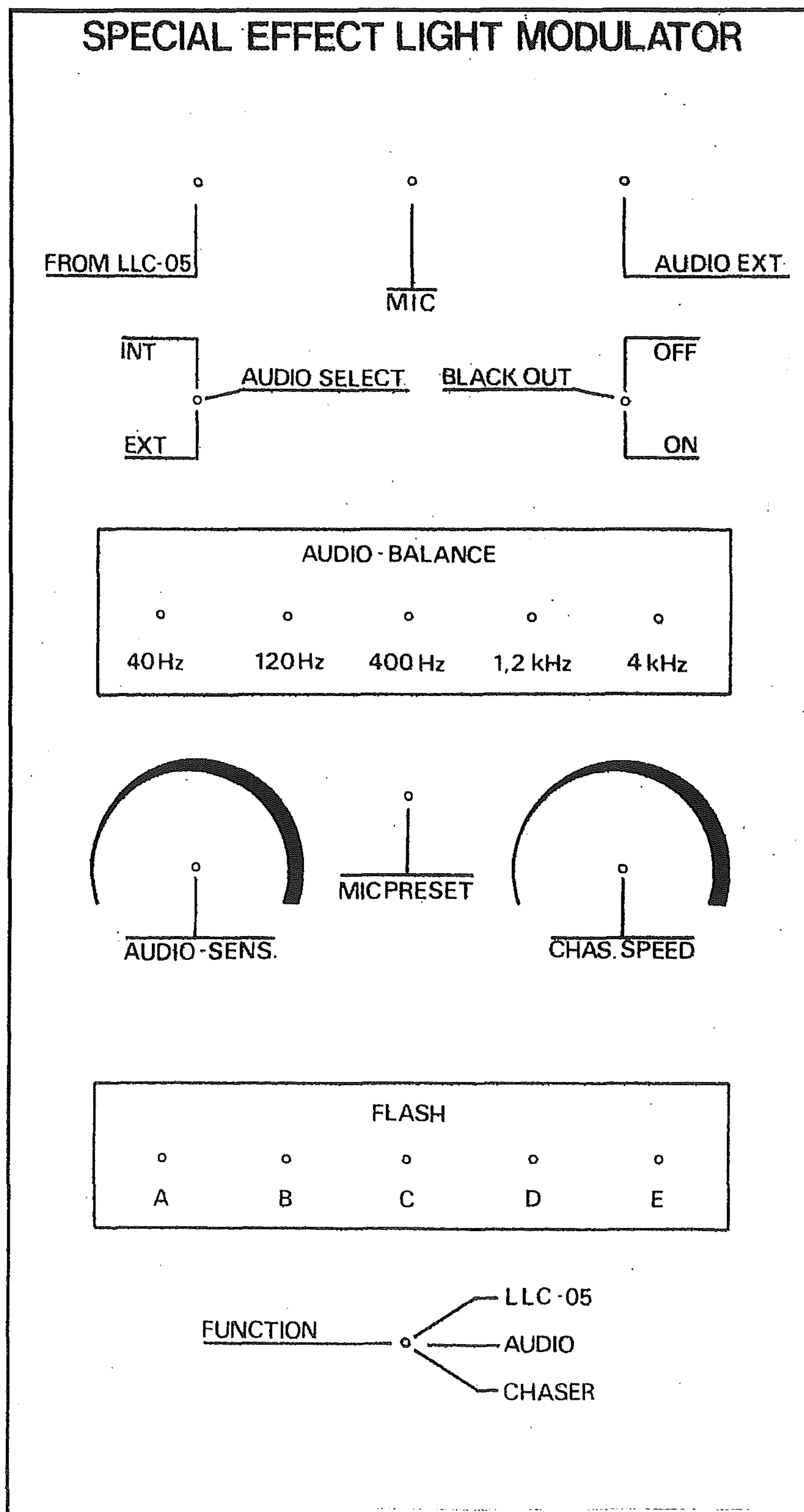
De gemonteerde printen worden op elkaar bevestigd, waarbij afstandsbusjes van 7,5 mm lengte worden tussengevoegd. Het is zeer belangrijk eerst alle uitstekende soldeerklodders of draadstompjes van de koperzijde van de kleine print te verwijderen, zoniet kan er kortsluiting ontstaan. Er zijn 21 doorverbindingen tussen de printen te solderen, waarvoor de afgeknipte aansluitdraden van de gebruikte weerstanden goed van pas komen. Nadat men de grote print heeft verbonden met een achtaderige kabeltje kan het geheel in het kastje worden gemonteerd. Figuur 4/15.22.4-15 geeft een doorsnedetekening waaruit duidelijk blijkt hoe de twee printen op en in elkaar passen en hoe het geheel in het kastje wordt gemonteerd.

Frontplaatje

Tot slot geeft figuur 4/15.22.4-16 het ontwerp van het frontplaatje van deze “Special Effect Light Modulator” op ware grootte.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

Figuur 4/15.22.4-16:
Het frontplaatje van de "Special Effect Light Modulator" op ware grootte.



15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

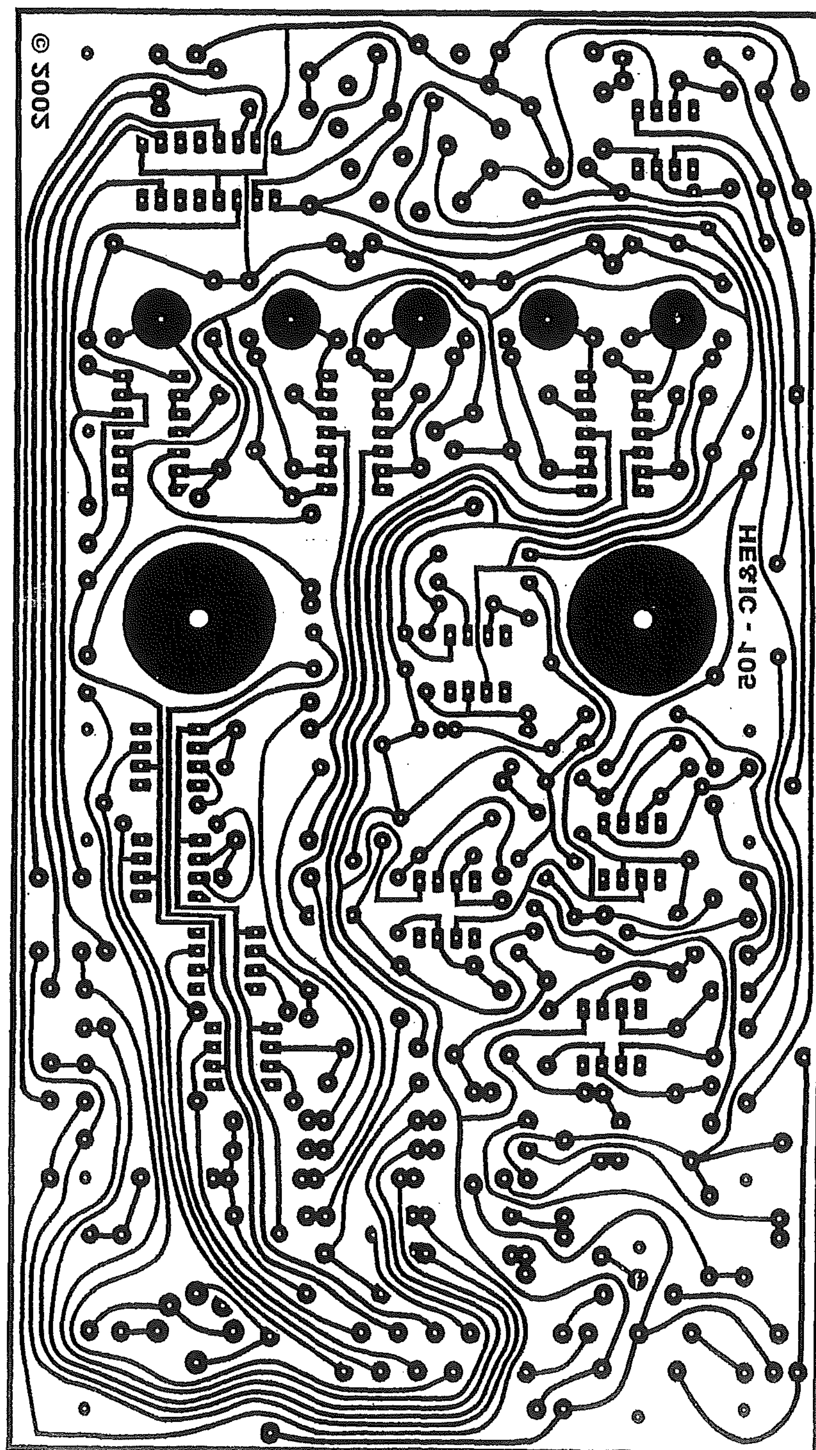
U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

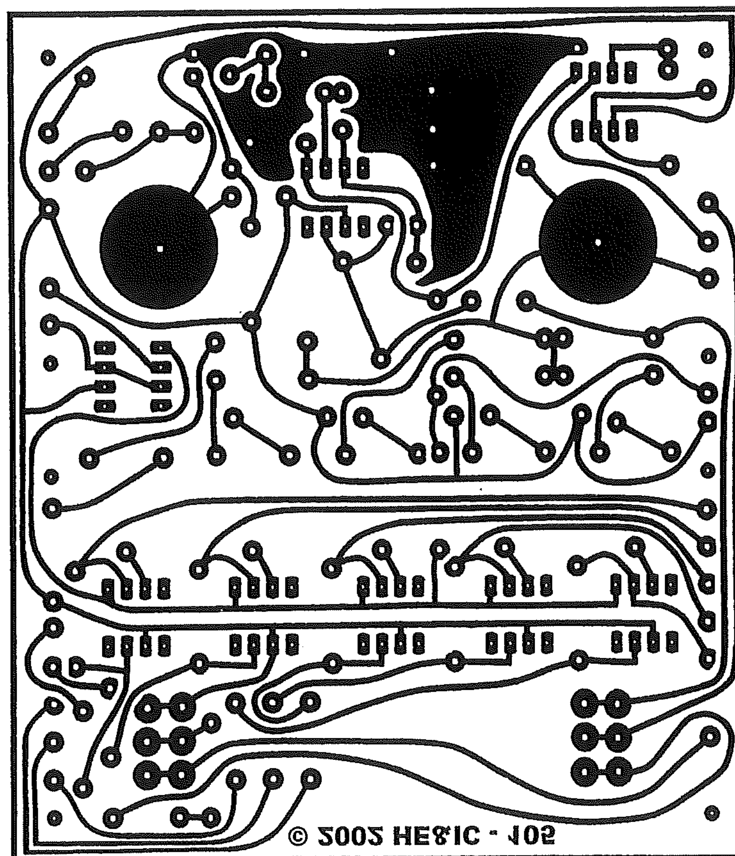
U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.



Figuur 4/15.22.4-11: De eerste print voor de schakeling.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater



Figuur 4/15.22.4-12: De tweede print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

15.22 Mini belichtingssysteem voor amateur theater

4/15.23

Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

Het systeem

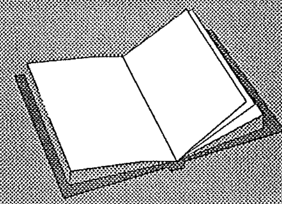
Inleiding

De geplande grondige renovatie van een woonhuis was de aanleiding tot het kritisch bekijken van de verlichting in de woonkamer. Natuurlijk moest het aantal lichtpunten drastisch worden uitgebreid en door het aanleren van een andere looproute kon die ene vervelende deur worden dichtgespijkerd, zodat eindelijk de her en der verspreide boekenkasten tot een strakke boekenwand konden worden verenigd. Weliswaar moesten dan een paar lichtschakelaars worden verplaatst, maar dat is voor een handig iemand geen probleem. En, nu de zaken toch grondig worden aangepakt, dat ene lampje naast de TV moet natuurlijk met een dimmertje worden gestuurd en misschien is het geen slecht idee de intensiteit van die mooie, maar eigenlijk te felle staande lamp ook regelbaar te maken. Kortom, ideeën zat die op de klassieke manier uitgewerkt tot een ware kabelsalade zouden hebben gevoerd. Weliswaar zijn er tegenwoordig mooie domotica-systemen te koop die het probleem elegant kunnen oplossen met infrarode besturing op afstand, maar de prijs van dergelijke systemen is toch nog steeds een grote hindernis.
Het driftig zoeken naar een alternatief dat de woonkamer iets minder op een schakelcentrum zou laten lijken voerde naar het ontwikkelen van deze schakeling. Een zeer speciaal en exclusief dimmersysteem dat de bezoeker onmiddellijk duidelijk maakt waar hij of zij zich bevindt: in het huis van de tovenaar van de eenentwintigste eeuw, de man die alles kan, de Elektronicus!

Het systeem

Het systeem is, zie figuur 4/15.23-1, samengesteld uit één centrale regelkast en acht kleine dimmerdoosjes. De regelkast wordt op een strategische plaats op de muur bevestigd, bij voorkeur op een plaats waar in de oude configuratie een schakelaar of wandcontactdoos aanwezig was. Het interne wordt uit deze doos gesloopt en vervangen door een rechtstreeks met het net verbonden kleine trafo. In de regelkast zélf is namelijk geen plaats voor een trafo. Deze trafo voedt het gehele systeem.

LEES OOK:
Hoofdstuk 4/14.29
Hoofdstuk 4/14.39
Hoofdstuk 4/15.1
Hoofdstuk 4/15.10



15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

Uit de regelkast ontspruit een zestienaderig plat bandkabeltje dat op een speciale manier (zie later) langs de muur naar de plint wordt geleid. Daar splitst deze kabel zich in acht twee-aderige leidinkjes die, vanwege hun zeer kleine diameter, onder de vloerbedekking naar alle gewenste uithoeken van de kamer kunnen worden gevoerd. Na het weer op hun plaats aanbrengen van ondertapijt en vloerbedekking merkt men, zelfs op kousenvoeten, niets van de aanwezigheid van de draadjes! De stuurkabeltjes worden naar de kleine, een tiental centimeter boven de plint gemonteerde dimmerkastjes geleid. Deze staan in de buurt van een lichtpunt en wandcontactdoos en worden zowel met het ene als met het andere verbonden.

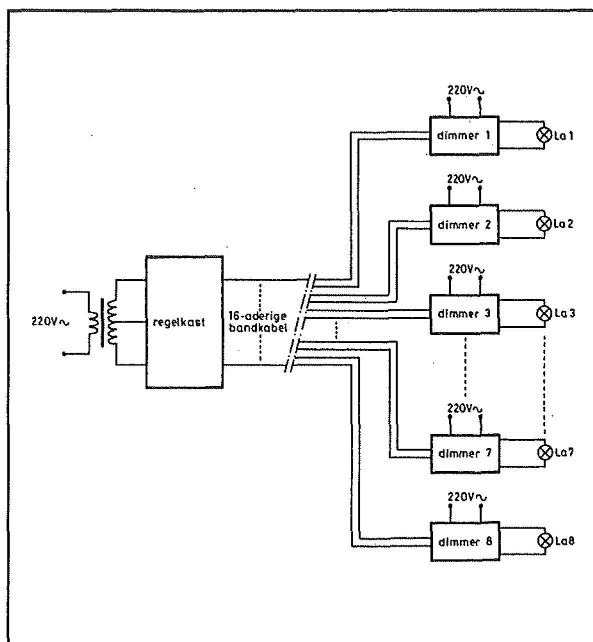
Voordelen

De voordelen van dit systeem zijn evident:

- Geen op onmogelijke plaatsen verborgen voetschakelaars en dimmerknoppen.
- Minimale lengte van de door HF-storingen verontreinigde verbindingen tussen dimmers en lichtpunten.
- De centrale regelkast heeft het voordeel dat men in de toekomst de huiskamer nog verder kan “verelektroniseren”, bijvoorbeeld het inschakelen van alle lampen via een inbraakalarm, dit zonder dat de gehele bedrading moet worden aangepast.

Veiligheid voor alles

Het systeem is voorzien van optische koppelingen in de dimmerkastjes, zodat de netspanning in de dimmers zélf wordt opgesloten.
Op de stuurkabeltjes staat slechts een pulsvormige spanning van een paar volt en de hoogste spanning die men in de regelkast aantreft is +18 V. De trafo zit immers veilig opgesloten in de muur onder de kast.



Figuur 4/15.23-1: Het blokschema van het systeem.

De regelkast

Inleiding

De regelkast biedt de volgende mogelijkheden:

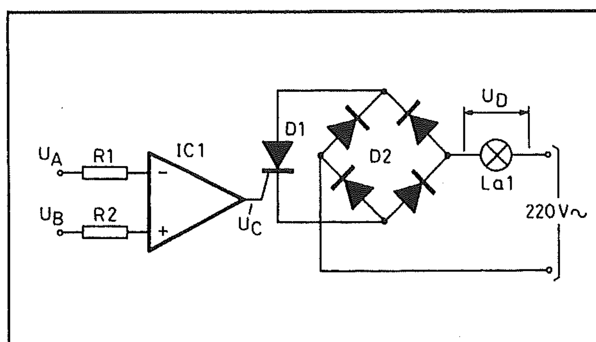
- Uiteraard afzonderlijke draaipotentiometers voor het instellen van de intensiteit van ieder lichtpunt.
- Eén totaalregelaar, die de intensiteit van alle aangesloten lampen regelt.
- Twee presets, waarmee men twee “verlichtingssferen” kan programmeren en die in te schakelen zijn door het verdraaien van één schakelaar.
- Eén uitschakelaar voor alle lampen.

De totaalregelaar werkt zowel voor de handregeling als voor de presets.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

Deze potentiometer werkt proportioneel, dat wil zeggen dat iedere lamp van de door de handpotentiometer of een van de presets ingestelde maximale intensiteit terug regelt naar nul over het volle gebied van de totaalregelaar.

Spanningsgestuurde lichtregeling
Het principe van fase-aansnij sturing door middel van een regelbare gelijkspanning is getekend in figuur 4/15.23-2. De werking van het systeem word toegelicht aan de hand van de timingdiagrammen van figuur 4/15.23-3.

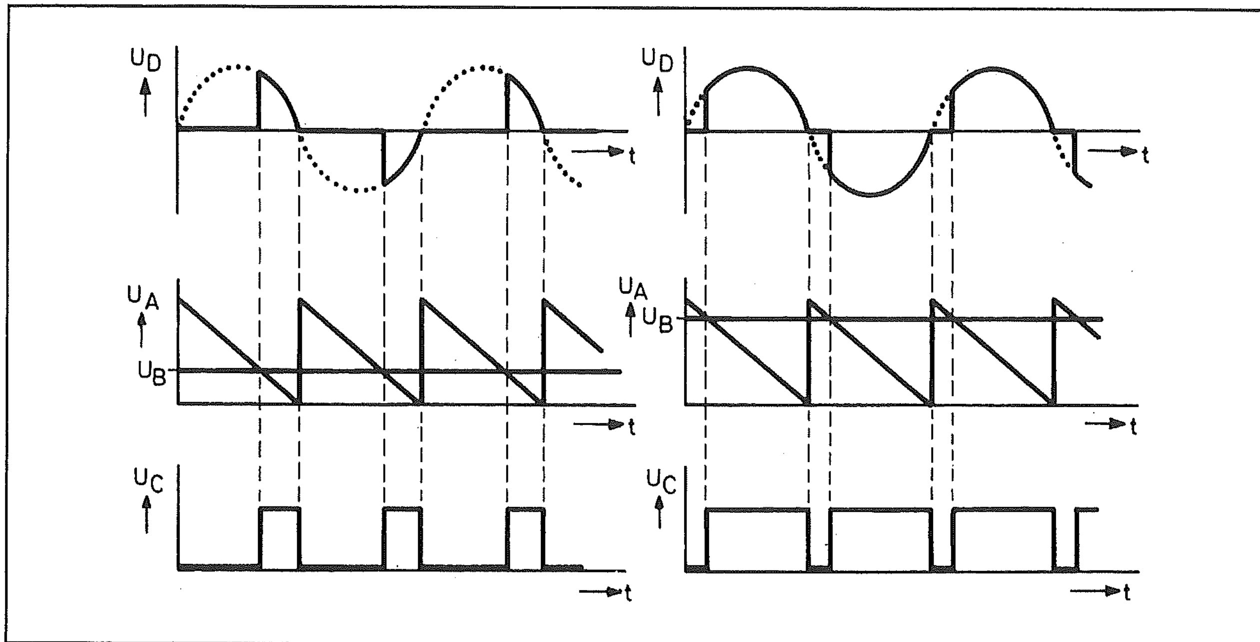


Figuur 4/15.23-2: Het principe van een lichtregeling door middel van een stuurspanning.

Bij dit systeem wordt uitgegaan van een via een bruggelijkrichter met lamp en net verbonden thyristor, maar men kan dit principe net zo goed met triac's toepassen. Er wordt een negatief verlopende en netgesynchroniseerde zaagtand (U_A) opgewekt, die in een comparator wordt vergeleken met een instelbare gelijkspanning U_B. U_B gaat naar de niet-inverterende ingang van de operationele versterker en op de uitgang van dit onderdeel verschijnt dus een positieve puls als U_B groter is dan U_A. Uit de figuren blijkt duidelijk dat de voorflank van de puls naar voren verschuift als de stuurspanning groter wordt. Door de synchronisatie tussen netspanning en zaagtand zal de positieve puls wegvallen op het moment dat de netspanning door de nul gaat. Deze puls wordt aan de gate van de thyristor gelegd en dit onderdeel gaat ontsteken bij de voorflank van de puls. Hoe groter de stuurspanning, hoe eerder in de periode de ontsteking plaats vindt en hoe meer vermogen er aan de lamp wordt aangeboden. Dit systeem heeft als groot voordeel dat de stuurpuls op de gate aanwezig blijft gedurende de gehele ontsteekcyclus van de thyristor. Zelfs zeer kleine belastingen (bijvoorbeeld een gloeilampje van 20 W) zullen dus toch blijven branden, ook als de verbruikte stroom kleiner is dan de houdstroom van de thyristor. De houd-stroom is de minimale stroom die door een thyristor of triac moet vloeien om het onderdeel, na het wegvallen van de ontsteekpuls, in geleiding te houden.
Het enige nadeel van het systeem, namelijk de kans dat de thyristor bij de aanvang van de volgende halve periode wordt aangestuurd door kleine faseverschuivingen tussen de achterflank van de puls en de nuldoorgang van het net, kan door een uitgekiend ontwerp van de zaagtandgenerator worden omzeild.

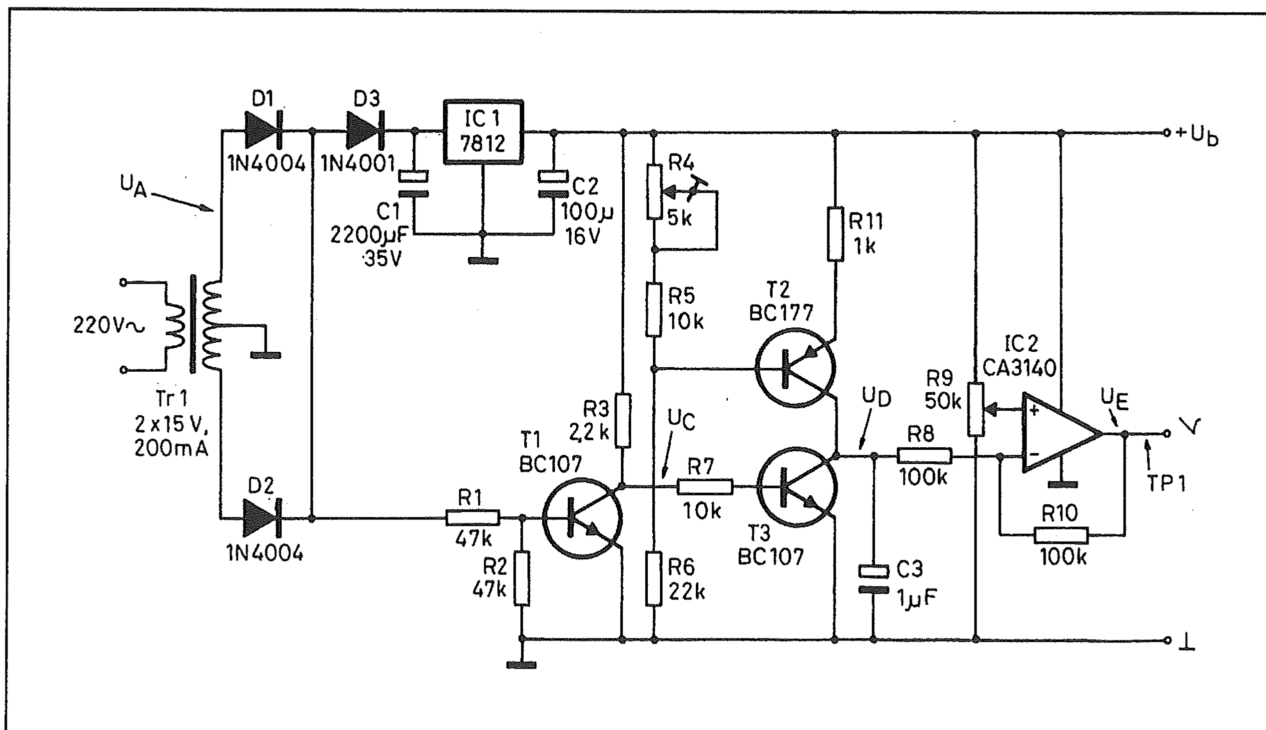
Basisschakeling
De basisschakeling van de regelkast is getekend in figuur 4/15.23-4, figuur 4/15.23-5 geeft weer de bijbehorende timingdiagrammen. De secundaire trafospanningen worden door twee dioden D1 en D2 gelijkgericht en nadien via een derde diode D3 aan de afvlakcondensator, geïntegreerde stabilisator IC1 en voedingslijn van de schakeling aangeboden. De gelijkgerichte, maar nog niet afgevlakte wisselspanning U_B gaat via de spanningsdeler R1/R2 naar de basis van transistor T1.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



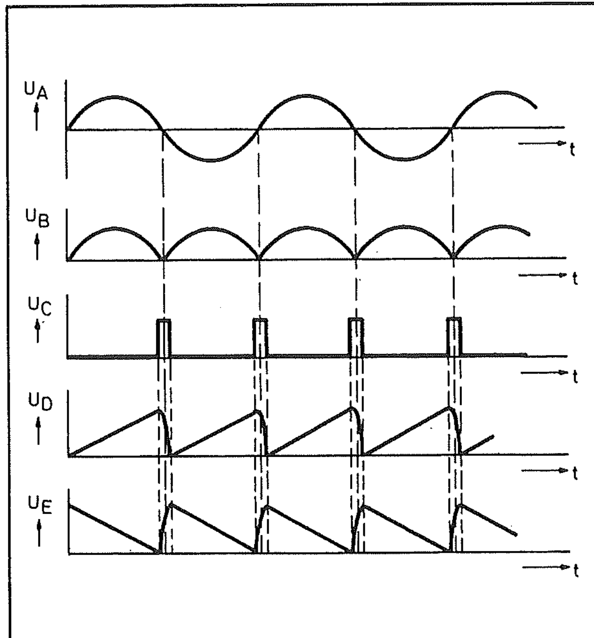
Figuur 4/15.23-3: De timingdiagrammen van figuur 4/15.23-2.

Deze halfgeleider geleidt, behalve een kort moment vóór en ná de nuldoorgang van de netspanning. Op de collector ontstaan dus smalle positieve pulsjes U_C rond de nuldoorgang van het net.



Figuur 4/15.23-4: De basisschakeling van de regelkast.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

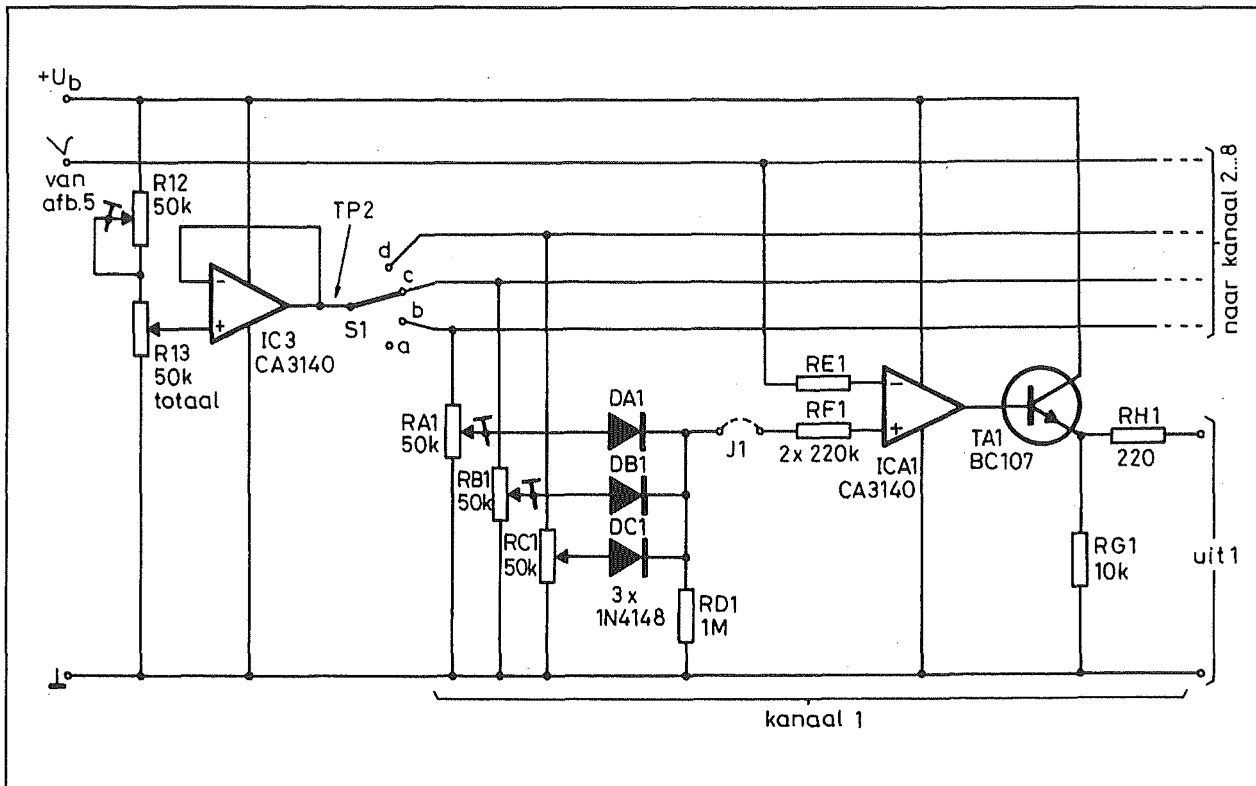


Figuur 4/15.23-5: De timingdiagrammen van figuur 4/15.23-4.

Transistor T2 is als constante stroombron geschakeld en laadt condensator C3 op met een constante en door R4 in te stellen stroom.
De spanning over C3 (U_D) stijgt van 0 V tot ongeveer 8 V, maar zal bij het verschijnen van de smalle puls door transistor T3 worden kortgesloten. Over de condensator ontstaan netgesynchroniseerde zaagtanden, die echter nog niet het gewenste verloop hebben.
Dus wordt een inverterende mengversterker IC2 ingeschakeld, waarin de zaagtand wordt geïnverteerd (R8 = R10) en gemengd met een positieve instelspanning, afkomstig van R9. Het gevolg is dat de stijgende zaagtand wordt omgezet in een dalende soortgenoot U_E, maar zonder dat de grenzen 0 V en +8 V van het signaal worden aangetast. Door het verdraaien van de loper van R9 kan men deze grenzen precies instellen.

De pulsvormer
De zaagtand moet zoals reeds gesteld in een comparator worden vergeleken met een instelbare gelijkspanning tussen 0 V en +8 V. Daarvoor wordt het schema van figuur 4/15.23-6 ingeschakeld. De regelspanning wordt opgewekt in een als spanningsvolger geschakelde operationele versterker IC3. Op de niet-inverterende ingang wordt een spanning aangeboden tussen 0 V en +8,7 V (R13 is de totaalregelaar), de maximale waarde is door middel van de instelpotentiometer R12 precies in te stellen. De uitgang van de op-amp gaat naar het moedercontact van een 1 x 4 standen schakelaar S1. Deze zal de regelspanning op één van drie lijnen schakelen. Iedere lijn bedient alle potentiometers van preset 1, preset 2 of de handinstelling. De drie dioden DA tot en met DC zorgen ervoor dat alleen de potentiometer die door middel van S1 onder spanning is gezet een signaal naar weerstand RD kan sturen. De spanning over deze weerstand, waarvan de grootte dus zowel door de totaalregelaar R13 als door de kanaalregelaar RA, RB of RC wordt bepaald, wordt aan de reeds beschreven comparator aangeboden (ICA) en vergeleken met de zaagtandspanning. Om het systeem zo bedrijfszeker als maar mogelijk is te maken stuurt de operationele versterker niet rechtstreeks de gate van de thyristor aan (de noodzakelijke stroom is tamelijk groot), maar levert eerst signaal aan emittervolger TA. De spanning op de emitter gaat via kortsluitbeveiligingsweerstand RH naar de uitgang en via de op deze uitgang aangesloten kabel naar de ingang van de dimmerschakeling.
Het spreekt voor zich dat men voor ieder kanaal een identieke schakeling nodig heeft, waarbij de onderdelen R12, R13, IC3 en S1 gemeenschappelijk zijn.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-6: De bedieningsschakeling van één kanaal.

Dimmerschakeling

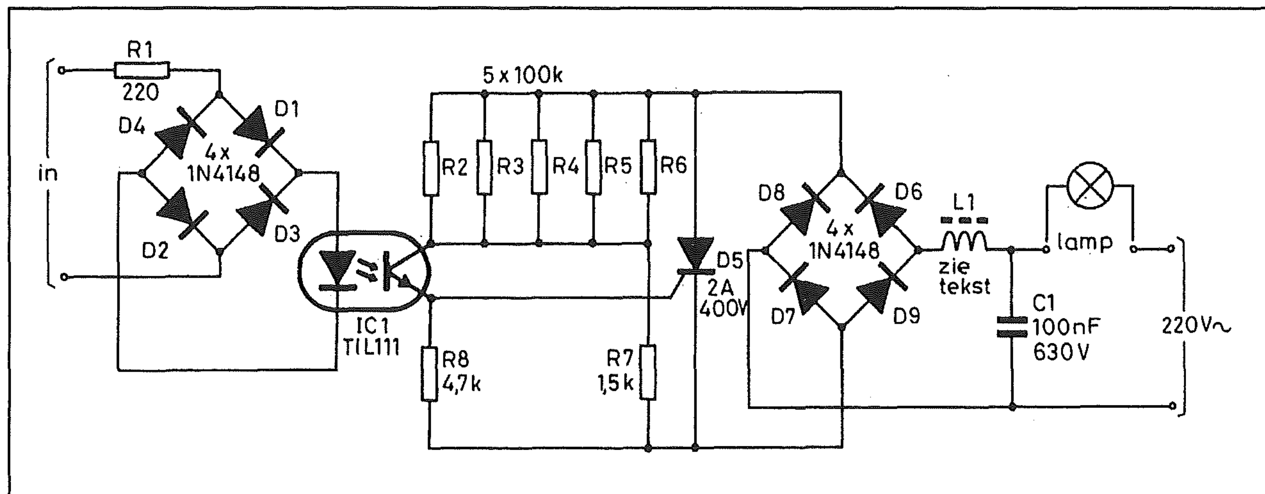
Inleiding

De eis de dimmers via optische koppelingen aan te sturen en de wens deze in zo klein mogelijke kastjes onder te brengen bepaalden het ontwerp van figuur 4/15.23-7. Er wordt geen gebruik gemaakt van een voedingstrafootje. De voor het voeden van de transistor in de optische koppeling en voor het ontsteken van de thyristor noodzakelijke spanning wordt rechtstreeks door middel van een resistieve spanningsdeler uit het net afgeleid.

Het schema

Deze spanningsdeler is enerzijds samengesteld uit de vijf parallel geschakelde weerstanden R2 tot en met R6 en anderzijds weerstand R7. Het knooppunt is verbonden met de collector van de fototransistor in de optische koppeling en de werking van het geheel zal nu wel duidelijk zijn. Wordt de LED in de koppeling belicht, dan gaat de transistor geleiden en de stroom door de parallel geschakelde weerstanden, die in rust naar “massa” afvloeit via R7, loopt nu via de geleidende transistor naar de gate van de thyristor. Deze ontsteekt en de lamp wordt met het net verbonden. Meteen wordt nu ook duidelijk waarom er een bruggelijkrichter tussen net en thyristor nodig is. Dit is immers de enige manier om de noodzakelijke positieve voedingsspanning voor de transistor rechtstreeks uit het net af te leiden! Voor de belasting maakt dit niets uit. Er vloeit een wisselstroom door als ware de brug en thyristor vervangen door de gebruikelijke triac.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-7: Het volledig schema van één dimmer.

Het enige nadeel van dit systeem is dat de spanningsdeler steeds over de serieschakeling van net en belasting staat geschakeld en dat er dus steeds (ook als de lamp niet wordt gestuurd) een klein vermogen in de schakeling verloren gaat. De door de spanningsdeler opgenomen stroom is ongeveer 12 mA, zodat er een vermogen van 2,5 W verloren gaat. Die 2,5 W wordt uiteraard in warmte omgezet en het is noodzakelijk het dimmerkastje van enige kleine luchtcirculatiegaatjes te voorzien.
De LED in de koppeling is ook via een brug met de ingang verbonden. Dit is niet noodzakelijk, maar heeft als voordeel dat de twee ingangsklemmen niet gepoold zijn: het maakt niet uit met welk pennetje men de massadraad en de pulsdraad uit het kabeltje tussen stuurkast en dimmerkastje verbindt.

Bouw van het systeem

De regelkast

Uitgangspunt was een type 364 kast van Teko. Deze volgens het zogenoemde lessenaarmodel uitgevoerde kast (licht hellend frontplaatje) heeft een frontplaat van 215 bij 130 mm en deze afmetingen bepaalden de maximale grootte van de print en de plaats van de bedieningselementen. Figuur 4/15.23-8 geeft een indruk het ontwerp van de frontplaat. De onderste helft wordt in beslag genomen door de acht draaipotentiometers voor het "met de hand instellen" van de lichtintensiteiten van de acht kanalen. De twee presets zijn uitgevoerd met Piher-instelpotentiometers van het type PT-15 NV (horizontaal liggende printmontage), voorzien van 19 mm lange insteekasjes. Deze asjes steken door de frontplaat en door het duidelijke verschil tussen deze 6 mm dikke asjes en de knoppen op de onderste potentiometers is meteen voor iedereen duidelijk waar de in totaal 24 bedieningselementen voor dienen.
In de rechter bovenhoek staat de totaalpotentiometer, daaronder de draaischakelaar S1, waarmee men kan kiezen tussen handbediening, een van de twee presetinstellingen of alle lampen uit.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

ONDERDELENLIJST BESTURINGSKAST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R2	47 kΩ
R3	2,2 kΩ
R5,R7	10 kΩ
R6	22 kΩ
R8,R10	100 kΩ
R11	1 kΩ
RD (8x)	1 MΩ
RE,RF (8x)	220 kΩ
RG (8x)	10 kΩ
RH (8x)	220 Ω

INSTELPOTENTIOMETERS, LIGGEND, 10 x 15 mm

R4	5 kΩ
R9,R12	50 kΩ
RA (8x)	50 kΩ
RB (8x)	50 kΩ

DRAAIPOTENTIOMETERS, MONO, LIN

R13	50 kΩ
RC (8x)	50 kΩ

CONDENSATOREN

C1	2.200 µF	25 V axiale elco
C2	100 µF	16 V printelco
C3	1 µF	16 V printelco

HALFGELEIDERS

D1,D2,D3	1N4004
DA,DB,DC (8x)	1N4148
T1,T3	BC107
T2	BC177
TA (8x)	BC107
IC1	7812
IC2,IC3	CA3140, mini-DIL
ICA (8x)	CA3140, mini-DIL

DIVERSEN

1	trafo, 2 x 15 V, 2 x 200 mA
1	koelplaatje voor T0-220
1	draaischakelaar 3 x 4 standen
16	instelasje voor instelpotentiometer
9	knop voor draaipotentiometer
32	printsoldeerlipje
6	afstandsbusje, 10 mm, kunststof
6	afstandsbusje, 20 mm, kunststof
9	M3x40 boutje
9	M3 moertje

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

ONDERDELENLIJST DIMMER (8x)

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1	220 Ω	
R2-R6	100 kΩ	
R7	1,5 kΩ	
R8	4,7 kΩ	

CONDENSATOR

C1	100 nF	630 V MMK

HALFGELEIDERS

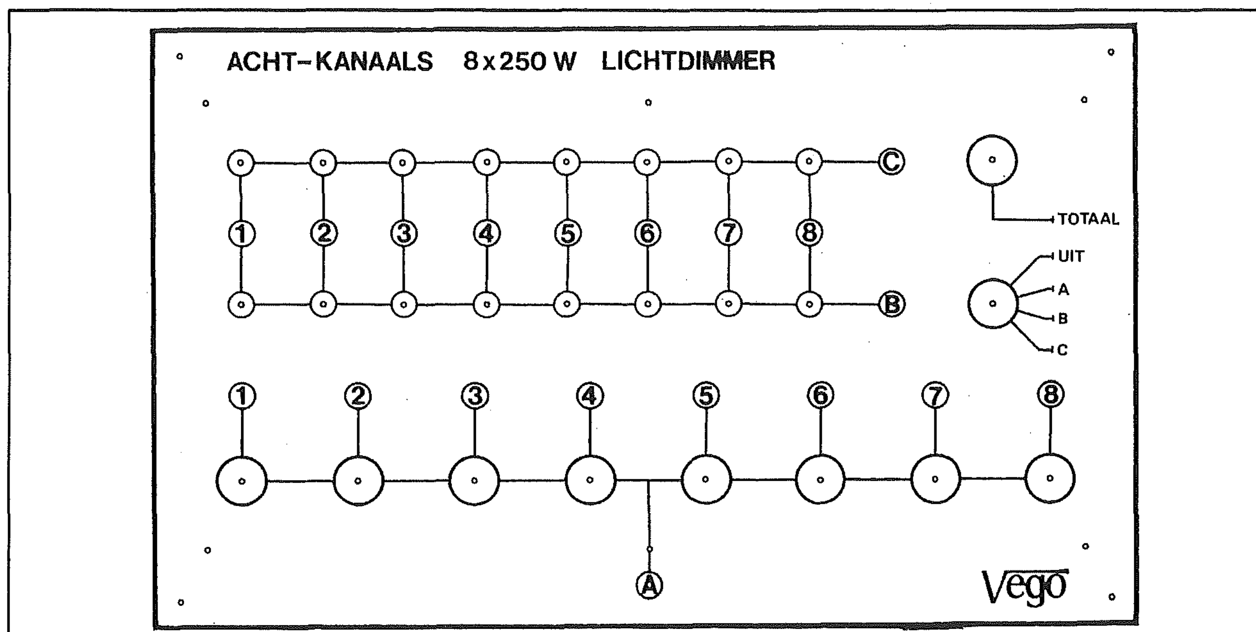
D1-D4	1N4148
D5	thyristor, TO-220, 2 A, 400 V
D6-D9	1N4007
IC1	TIL111

DIVERSEN

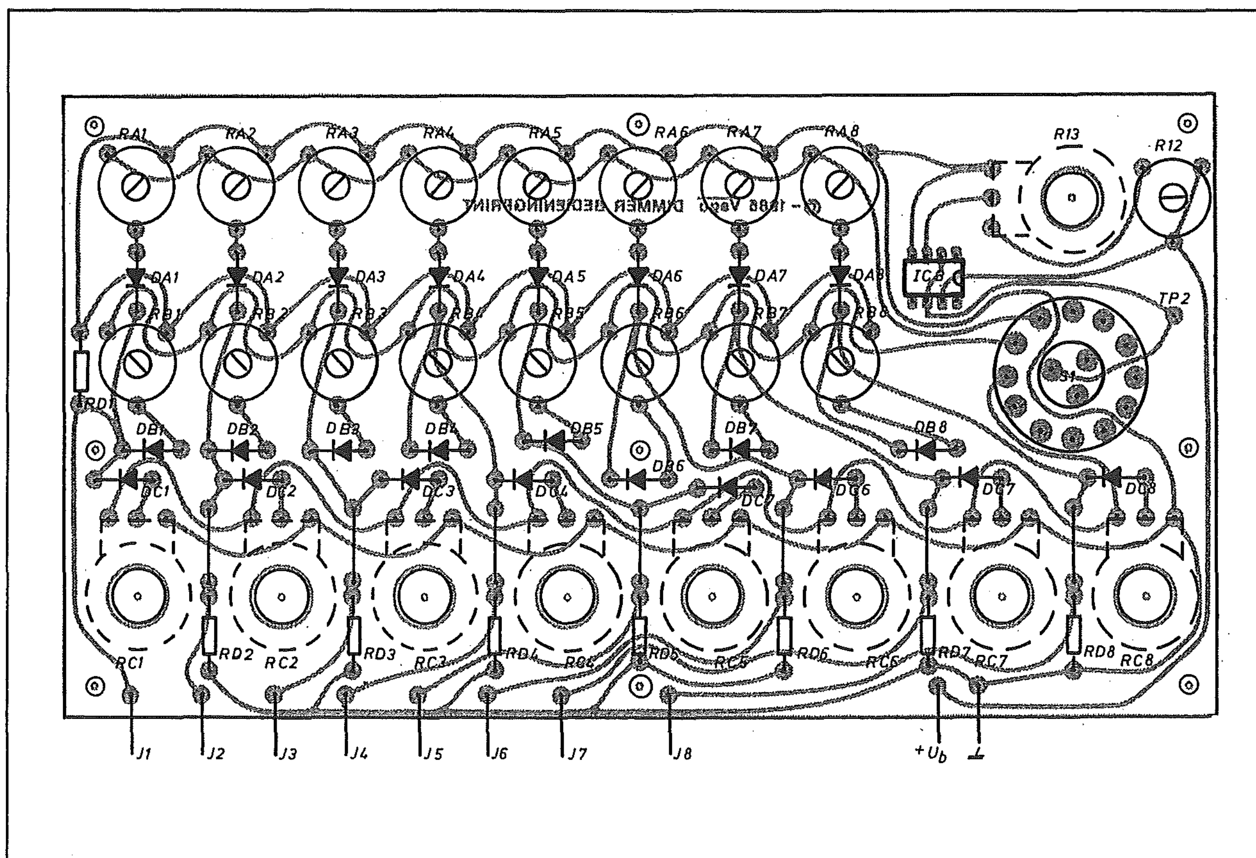
1	ontstoorspoeltje
6	printsoldeerlipje

De printmontage
De bedieningsprint is getekend in figuur 4/15.23-9 op de voorlaatste pagina van dit hoofdstuk. Deze bevat alle bedienings-componenten en alle onderdelen links van de "J" in figuur 4/15.23-6. De comparatoren en de emittervolgers zijn ondergebracht op een afzonderlijk printje (zie figuur 4/15.23-11) dat onder de grote print wordt gemonteerd. Op deze print is bovendien de volledige schakeling van figuur 4/15.23-4 ondergebracht.
De verdeling van de elektronica over deze beide printen is weldoordacht. Wil men om de een of andere reden wél het dimmersysteem bouwen, maar heeft men geen behoefte aan de door de ontwerper verzonnen bedieningsmogelijkheden, dan behoeft men alleen de print van figuur 4/15.23-11 na te bouwen en kan deze aansturen door acht regelspanningen tussen 0 V en +8 V op de met "J" aangegeven punten aan te leggen. Men zou dus bijvoorbeeld de print van figuur 4/15.23-11 in combinatie met de nog te bespreken dimmerprintjes en een computer met DAC-uitbreiding kunnen gebruiken voor het ontwerpen van een ingewikkelde lichtreclamesturing!
Figuur 4/15.23-10 en -12 geven de componentenplattegronden van beide printen. Slechts één attentiepunt: de spanningsregelaar IC1 wordt omgekeerd op de print gemonteerd (dus met het metalen lichaam naar boven). Nadien moet men een IC-koelplaatje met cyano-acrylaat-lijm (de bekende een seconde lijm) op deze metalen lip bevestigen.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

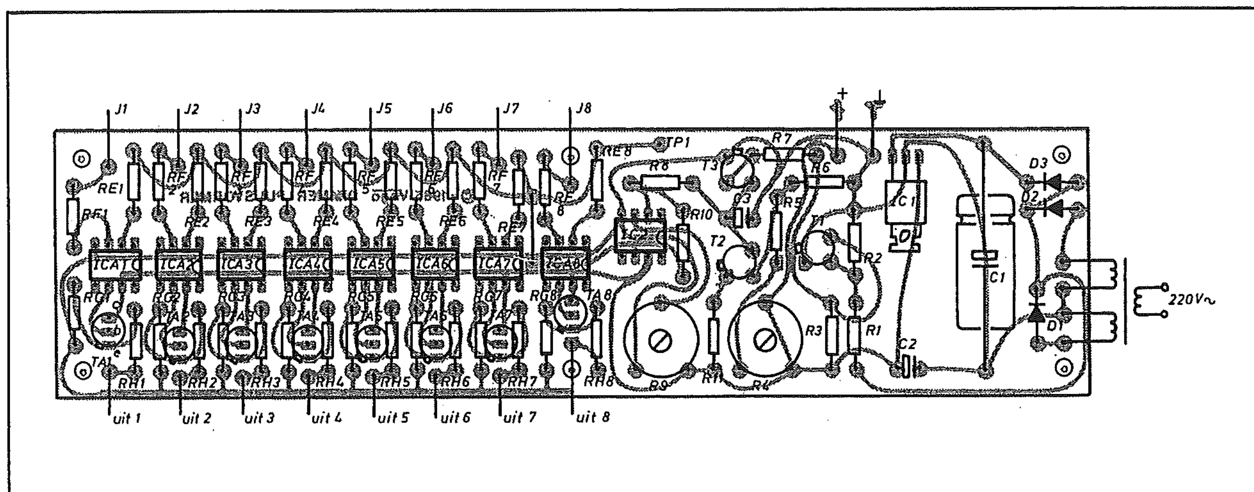


Figuur 4/15.23-8: Ontwerp van de frontplaat van de bedieningskast.



Figuur 4/15.23-10: De componentenopstelling van de grote bedieningsprint.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-12: Bestukking van de pulsvormer print.

Vervolgens kan men frontplaat, bedienings- en pulsvormerprinten op de bekende "sandwich"-manier tot een geheel samenvoegen. Afstandsbusjes van 20 mm tussen frontplaat en hoofdprint en soortgenoten van 12 mm (10 mm plus dikte van een nylon ringetje) tussen hoofd- en pulsvormerprinten zorgen voor de onderlinge afstanden.
Beide printen worden met tien kleine draadjes doorverbonden:
- de soldeerlipjes J1 tot en met J8;
- de massa en de $+U_b$.

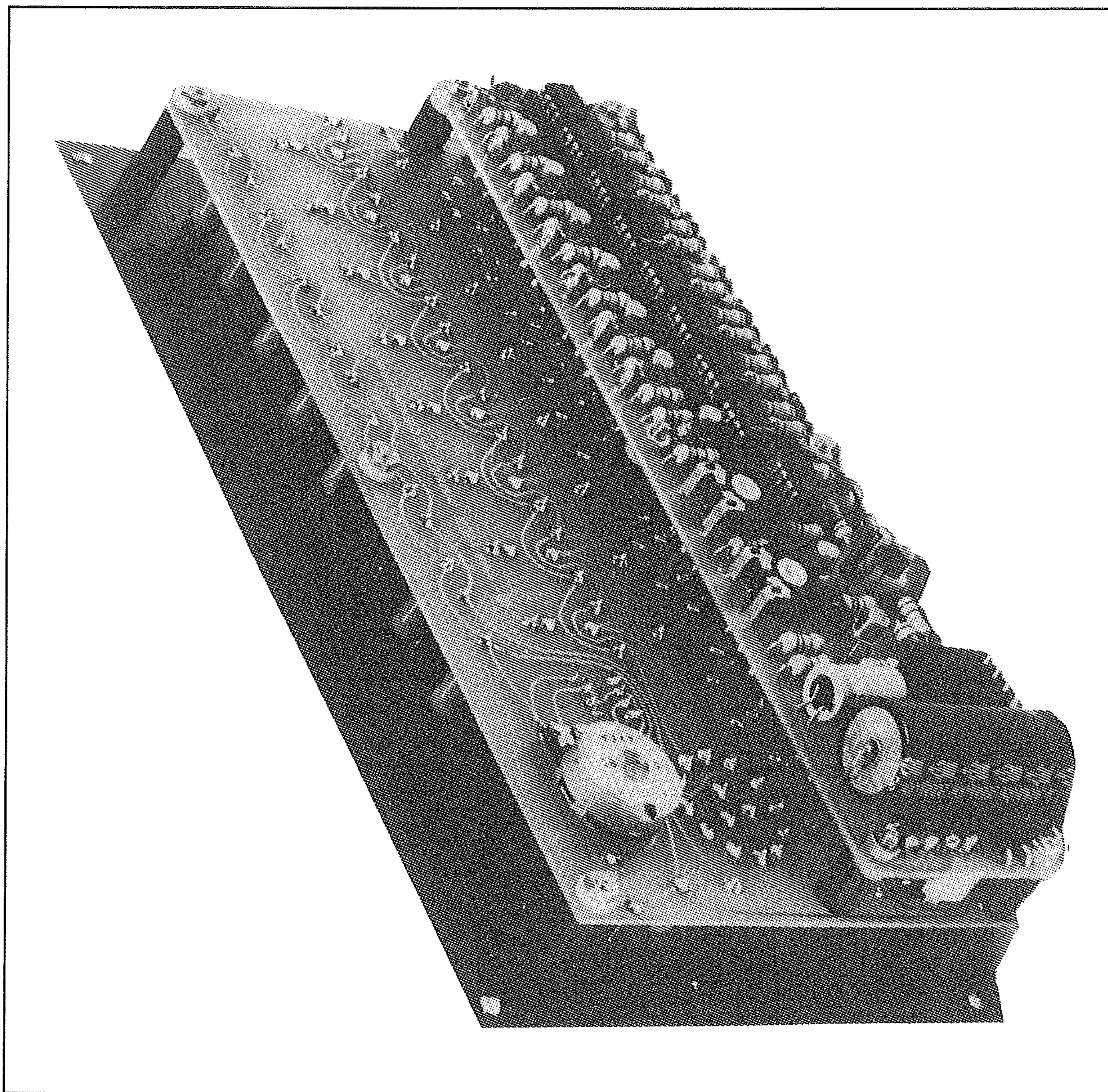
De foto van figuur 4/15.23-13 geeft een impressie van de volledig gemonteerde besturingskast.

Afregelen

Alvorens de besturingskast in de kast wordt bevestigd, moet men het geheel afregelen. Hiervoor is het gebruik van een oscilloscoop absoluut noodzakelijk!
- Verbindt de printcombinatie met de 2 x 15 V wikkelingen van een trafo (2 x 200 mA).
- Meet met de scoop de spanning op de collector van T1. Er moeten smalle, hoge pulsen van 12 V zichtbaar zijn.
- Verplaats de meetstift naar de collector van T3 en verdraai de loper van R4 tot de zaagtand precies 8 V hoog is.
- Zet de scoop op TP1 en regel R9 af tot de nu dalende zaagtand tussen +8 V en 0 V verloopt.
- Zet een op gelijkspanning geschakelde universeelmeter op TP2, draai R13 helemaal open en verdraai R12 tot de spanning op dit punt gelijk is aan +8,7 V.
- Zet de scoop op een van de uitgangen en controleer de pulsvorm voor alle standen van S1 en alle instellingen van de drie bij het geselecteerde kanaal behorende regelaars.
  Bij het verdraaien van één van de potmeters moet de pulsbreedte continu variëren tussen nul en maximaal. In het laatste geval is er geen sprake meer van een puls, maar van een continue spanning van +12 V.
- Herhaal deze tests voor de zeven overige kanalen.

Blijkt dat er ook in de nulstand van de potentiometers een smalle positieve puls aanwezig blijft, dan moet men R9 iets verdraaien.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-13: De twee printen zijn op de frontplaat gemonteerd.

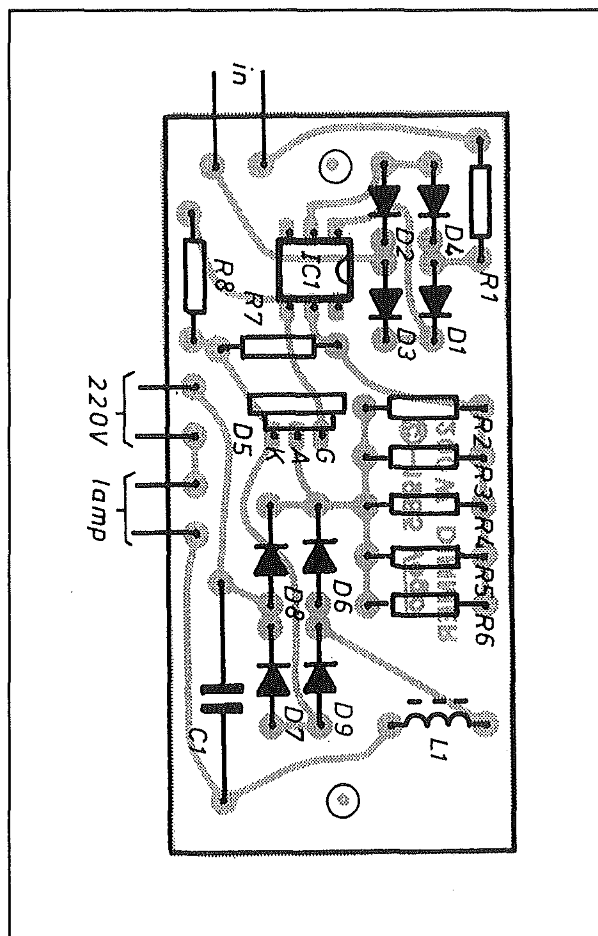
Blijkt daarentegen dat er, ook bij volledig opengedraaide potentiometers, een smalle negatieve puls aanwezig is, dan moet men R12 iets verdraaien.

De bouw van de dimmers

Ook bij de praktische realisatie van de dimmers was het kastje uitgangspunt: P/1 van Teko.

Het printje van figuur 4/15.23-14 op de allerlaatste pagina van dit hoofdstuk past precies op het frontplaatje en wordt bestukt volgens figuur 4/15.23-15.
Gebruik voor C1 een echte condensator van 630 V!
Toegegeven, deze zijn moeilijk verkrijgbaar, maar types van 250 V en zelfs 400 V kunnen na enige tijd doorslaan.

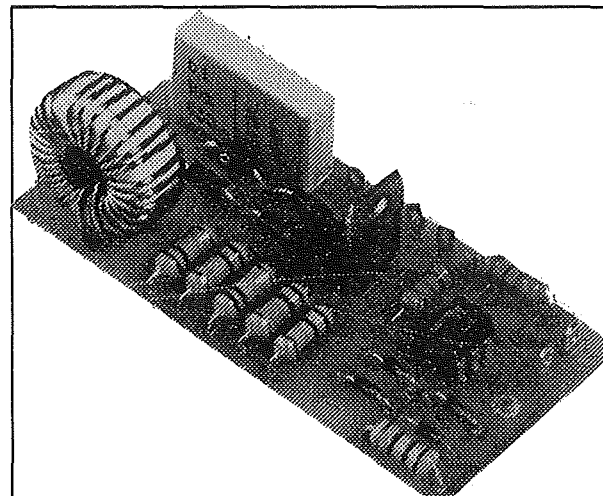
15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-15: Componentenopstelling van de dimmerprint.

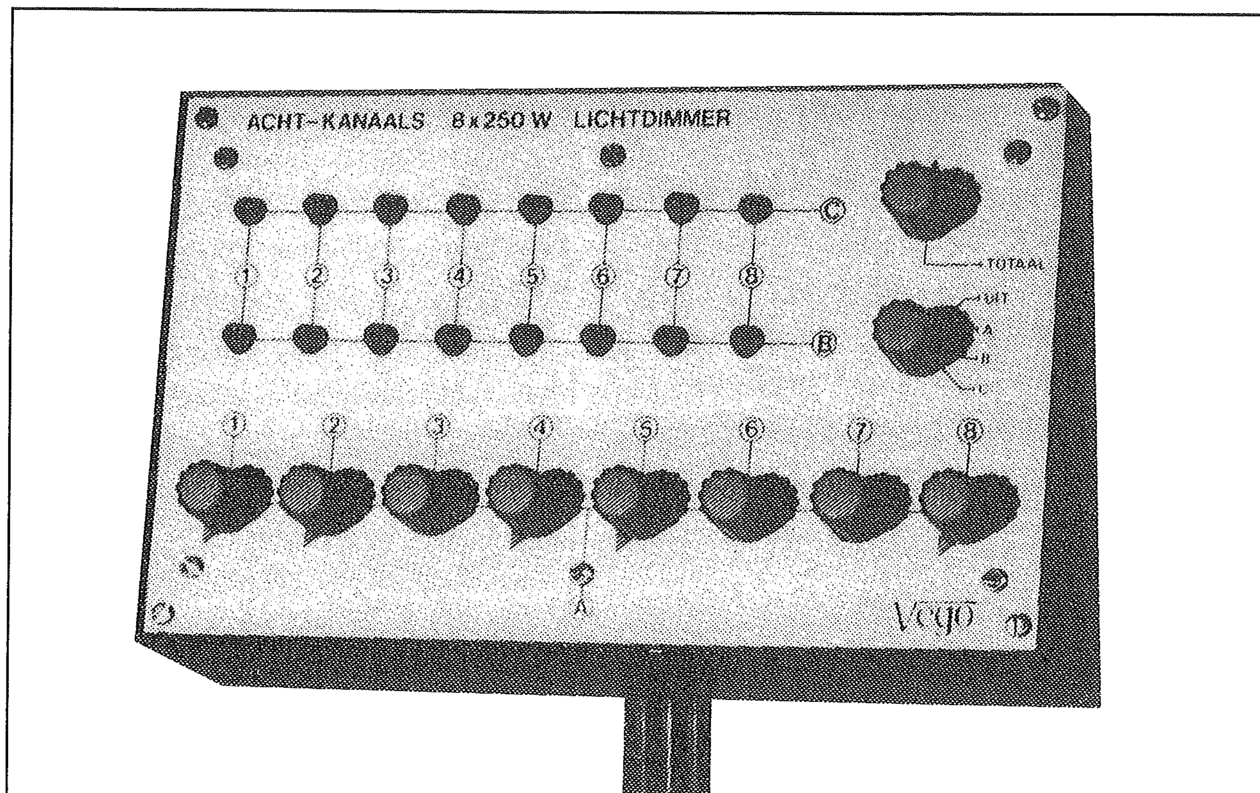
In het prototype werden MMK-condensatoren van Evox toegepast. Het ontstoorspoeltje L1 moet maximaal 2 cm hoog zijn, anders past het printje niet in het kastje. Bruikbaar is bijvoorbeeld type SFT830 van TDK. In het schema van figuur 4/15.23-7 zijn voor D6, D7, D8 en D9 abusievelijk 1N4148 ingevuld. Dit is fout! Deze dioden zijn, zie de onderdelenlijst, van het type 1N4007.
De foto van figuur 4/15.23-16 toont een compleet gemonteerd dimmerprintje.

De eindmontage
Zoals reeds gezegd heeft de auteur de bedrading onder de vloerbedekking weggewerkt, maar het is uiteraard ook mogelijk de bandkabel netjes langs de plinten te leiden en daar waar een dimmerkastje komt steeds twee adertjes af te splitsen.
Let er dus bij de aankoop van de kabel op dat de adertjes gemakkelijk uit de band zijn los te scheuren zonder dat de individuele isolatie van de adertjes wordt beschadigd!
Een tip voor het verwerken van de kabel op de muren of op de plint. 16-aderige bandkabel is precies 20 mm breed en in iedere doe-het-zelf-zaak is tweezijdig klevende plakband van Tesa verkrijgbaar die precies dezelfde breedte heeft. Men kan eerst de bandkabel beplakken met deze tape en nadien deze combinatie uiterst strak op de muren bevestigen zonder storende spijkertjes, klemmetjes of wat dan ook, zie figuur 4/15.23-17 en -18.
Van dezelfde fabrikant is Tesa-band 651 verkrijgbaar, een grijze 25 mm brede band met verbazingwekkende kleefkracht en waarmee men de aderparen zelfs op stoffige betonvloeren kan fixeren, zie figuur 4/15.23-18.
Tot slot nog een tip. Bevestig de dimmerkastjes zo hoog boven de plint, dat men er bij het stofzuigen niet tegenaan stoot!

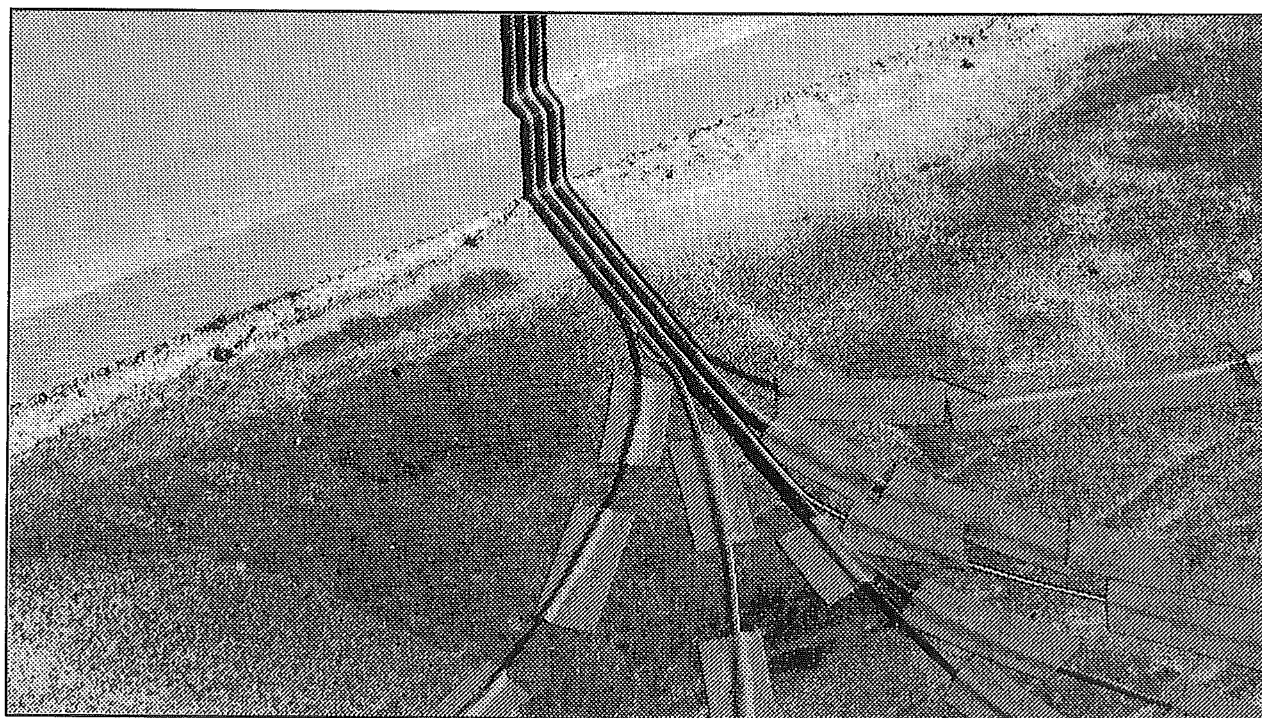


Figuur 4/15.23-16: Een van de acht dimmers.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-17: De montage van de bedieningskast en de zestien-aderige kabel op de muur van de woonkamer.



Figuur 4/15.23-18: Montage van de kabeltjes op de betonnen vloer van de woonkamer.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

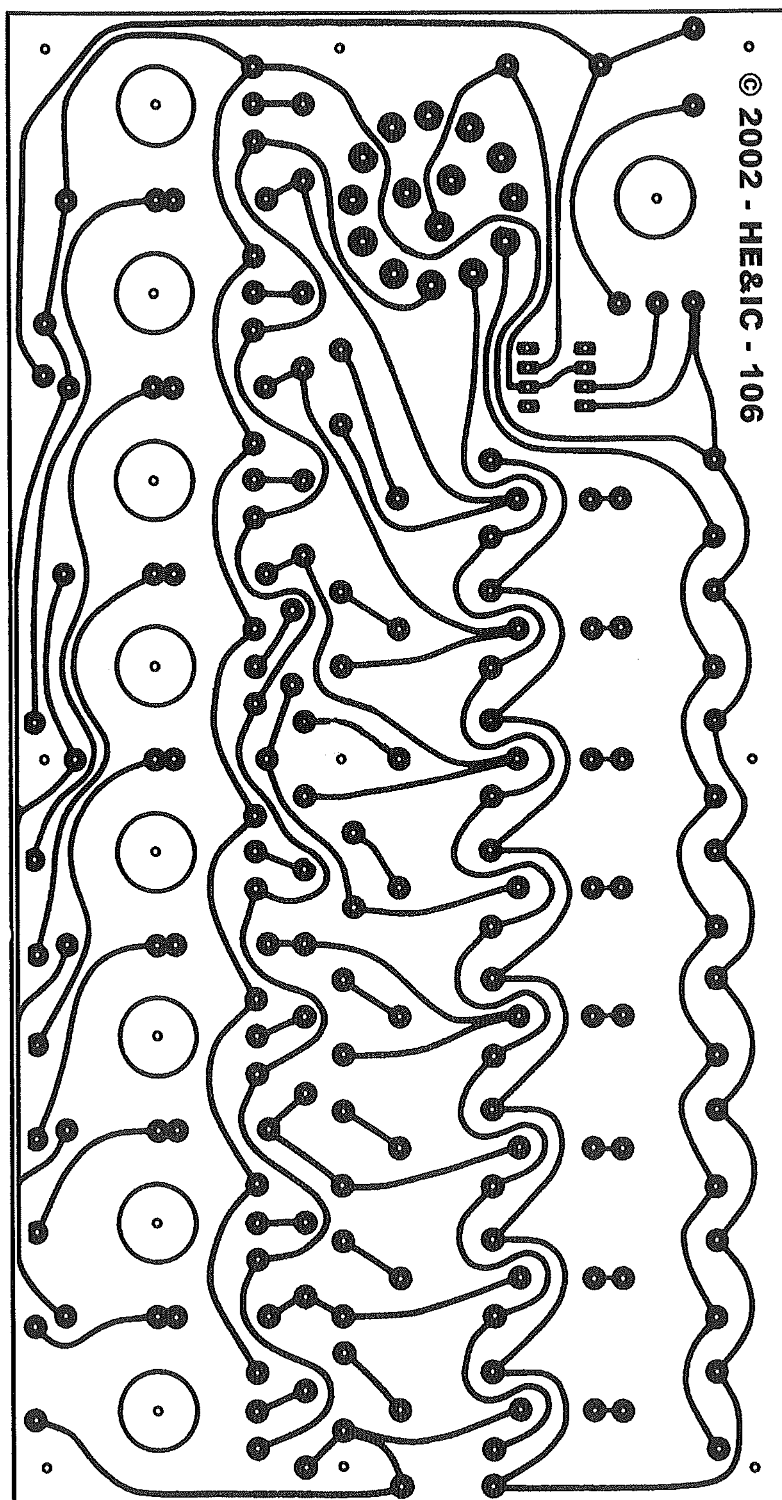
U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.



Figuur 4/15.23-9: De bedieningsprint print.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

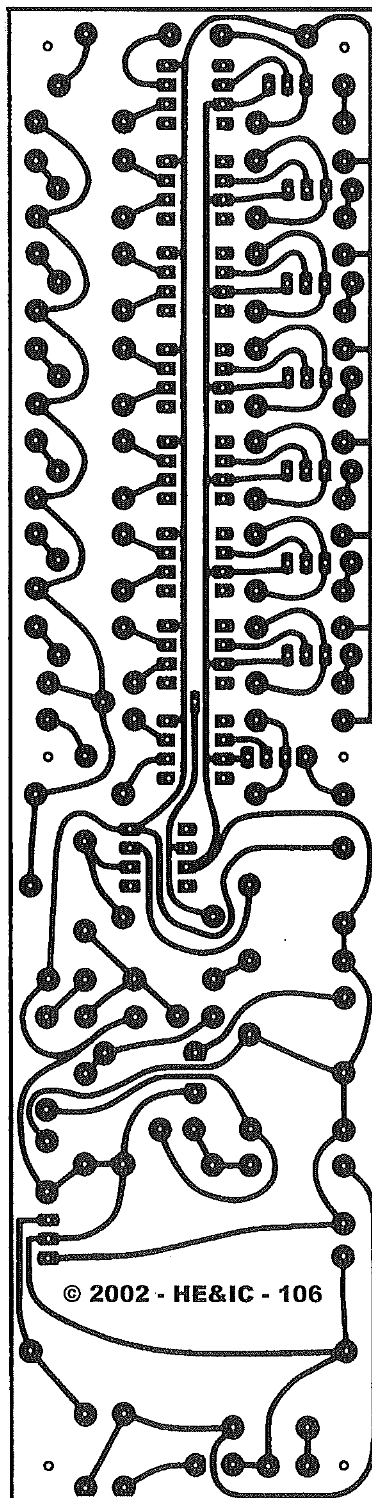
U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

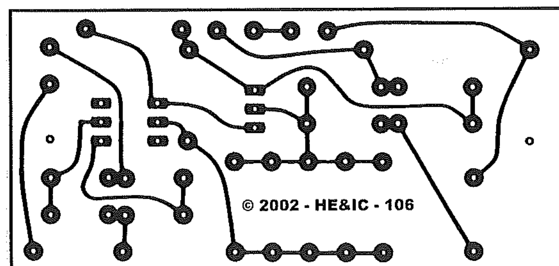
U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.



Figuur 4/15.23-11: De pulsvormer print.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer



Figuur 4/15.23-14: De print voor de dimmers.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

U gaat naar **www.vego.nl/hobby** en selecteert uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: GRATIS bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

15.23 Achtkanaals lichtdimmer voor de woonkamer

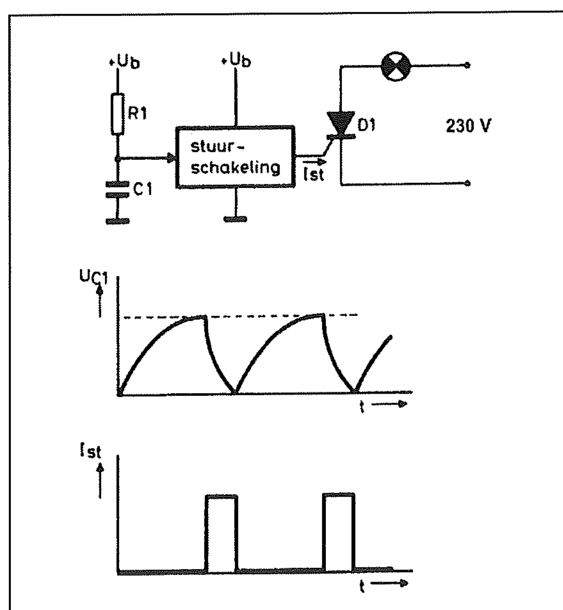
4/15.24

Knipperlicht besturing voor 230 V

Inleiding
Het lijkt er vaak op dat ontwerpers van elektronische schakelingen eerder uitgaan van hun laboratoriumsituatie dan van de praktijk van de nabouwer van hun prachtige verzinsels. De vraag: kan hetzelfde niet eenvoudiger en goedkoper wordt blijkbaar uiterst zelden gesteld. Mooie voorbeelden zijn de schakelingen voor het laten knipperen van lampen. Schakelingen, die vaak voor eenmalig gebruik bij een feestje, een speciale etalage-inrichting of een kraampje op een fancy-fair worden nagebouwd en bijgevolg zo goedkoop mogelijk moeten zijn. Als daarvoor dan ontwerpen worden beschreven, die naast de eigenlijke schakeling ook nog eens een voeding van pakweg twintig euro nodig hebben, gaat de lust om het ding na te bouwen snel over.

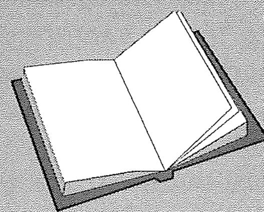
Een goedkoop alternatief
Dat het anders kan, bewijst deze knipperlicht schakeling. Een uiterst eenvoudig ontwerpje, waar slechts acht onderdelen nodig zijn voor het bereiken van het gewenste resultaat: het laten knipperen van een door 230 V wisselspanning gevoede lamp.

Het voedingsprobleem opgelost
Alle schakelingen, ontworpen voor het laten knipperen van een lamp, zijn opgebouwd volgens het basisidee van figuur 4/15.24-1.



Figuur 4/15.24-1: De basisschakeling.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.14
Hoofdstuk 4/15.10

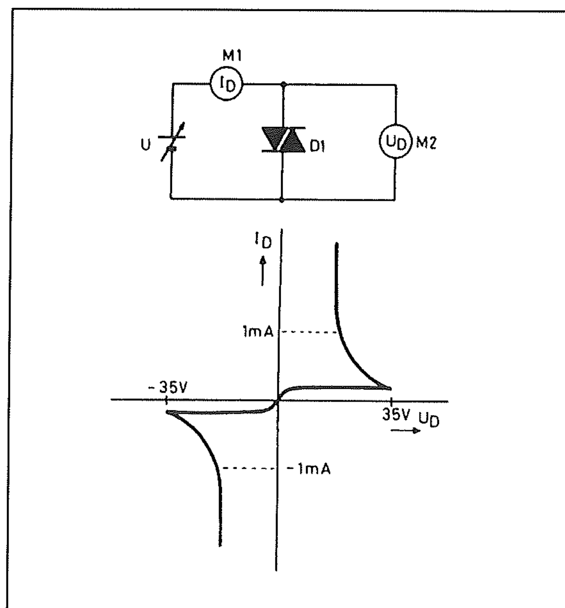


15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V

Een condensator C1 wordt via een weerstand R1 opgeladen uit een positieve spanning. De langzaam stijgende condensatorspanning U_{C1} wordt in een stuurschakeling vergeleken met een constante spanning. Als de spanning over de condensator gelijk wordt aan deze referentie, dan zal de stuurschakeling gedurende een bepaalde tijd een stroom in de gate van een thyristor of triac sturen en tezelfdertijd de condensator ontladen. De in de netspanningskring opgenomen lamp gaat dan even branden en bovendien herhaalt de beschreven cyclus zich. De condensator kan weer opladen, na enige tijd treedt de stuurschakeling in werking en de lamp krijgt opnieuw een spanningsopdonder. Allerlei soorten elektronische onderdelen willen figureren in de stuurschakeling. Men kan een als comparator geschakelde operationele versterker gebruiken, een 555-timer is als het ware voor deze klus geschapen, men kan een oude uni-junction transistor van stal halen, met twee gewone transistoren gaat het ook en wie zich trendvolger noemt kan zelfs een beroep doen op speciaal voor dit doel ontworpen IC'tjes.
Kortom, keuze te over. Het vervelende is dat al die onderdelen een voedingsspanning nodig hebben, variërende van 5 V tot 30 V. Hetgeen dadelijk tot gevolg heeft, dat er een heus voedinkje op de proppen moet komen, met trafo, brugcel en afvlakelco. Natuurlijk kan men proberen deze voedingsspanning rechtstreeks uit de netspanning af te leiden. In principe gaat dat zeer eenvoudig met een diode, een weerstand, een zenerdiode en een afvlakcondensator. Het bezwaar is dat het verschil tussen de netspanning en de noodzakelijke voedingsspanning over die weerstand valt. Deze grote spanning zorgt, zelfs bij een zeer geringe voedingsstroom, voor flink wat vermogensdissipatie in de weerstand. Hetgeen, ongewild, tot gevolg heeft dat onze knippercentrale net zo bruikbaar wordt voor het warmhouden van de koffie. Gelukkig is er een onderdeel beschikbaar dat de rol van stuurschakeling graag wil vervullen en er zelfs geen voedingsspanning voor in ruil vraagt: de diac.

De diac

Een diac is, dat zal iedereen weten, een soort dubbele diode, die hoofdzakelijk wordt gebruikt voor het sturen van triac's. Het symbool van zo'n diode is getekend in figuur 4/15.24-2, waar tevens een meetschakelingetje wordt voorgesteld, waarmee we de karaktertrekken van een diac kunnen ontleden.



Figuur 4/15.24-2: De karakteristieken van een diac.

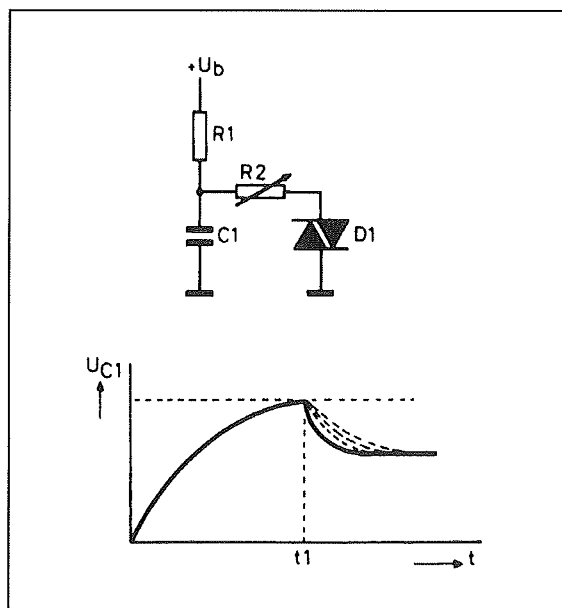
Het onderdeel wordt aangesloten op een regelbare gelijkspanningsbron, met

15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V

tussenschakeling van een ampèremeter. Over de diac staat een gelijkspanningsmeter. De bedoeling van deze meetschakeling is het onderzoeken van het verband tussen de spanning over de diode en de stroom door de diode. Dat gaat als volgt. We maken een grafiek, zoals in figuur 4/15.24-2 voorgesteld, waarop we twee assen uitzetten, een voor de stroom en een voor de spanning. We voeren de spanning van de regelbare voeding stapsgewijs op en na iedere stap lezen we de twee meters af.
Deze twee meetgegevens kunnen we in de grafiek uitzetten door een puntje te tekenen op het snijpunt van een verticale en horizontale lijn. De horizontale lijn stelt de afgelezen stroom voor, de verticale de gemeten spanning. Zo'n grafiek noemt men de I/U- of stroom/spanning-karakteristiek van de diac. De meeste elektronische onderdelen kunnen worden gekarakteriseerd door een dergelijk tekeningetje.
Wat vertelt deze stroom/spanning-karakteristiek ons over het gedrag van een diac? Wel, als we de spanning over het onderdeel laten stijgen, stellen we vast dat de stroom die door de diac vloeit verwaarloosbaar klein is en bovendien vrij constant.
Plotseling echter, bij een spanning van ongeveer 35 V, gaat de stroom fors stijgen, terwijl de spanning daalt tot ongeveer 15 V.
Het verhogen van de batterijspanning heeft nu geen invloed meer op de spanning over de diac. Deze blijft constant, terwijl de stroom blijft stijgen.
We kunnen dus de diac als een soort elektronische schakelaar beschouwen, die open blijft tot de spanning over het onderdeel gestegen is tot ongeveer 35 V. Nadien sluit de schakelaar, laat dus stroom door, maar er blijft wel een flinke spanning van ongeveer 15 V over het onderdeel staan. Uit de grafiek blijkt bovendien, dat de diac dit gedrag zowel voor positieve als voor negatieve spanningen vertoont. De diac is een symmetrische diode en vandaar dat men tevergeefs naar de bekende kathode-ring op de behuizing zal zoeken. Een diac kan rustig omgepoold worden, zonder dat de werking van een schakeling wordt verstoord.

De diac met een RC-kring

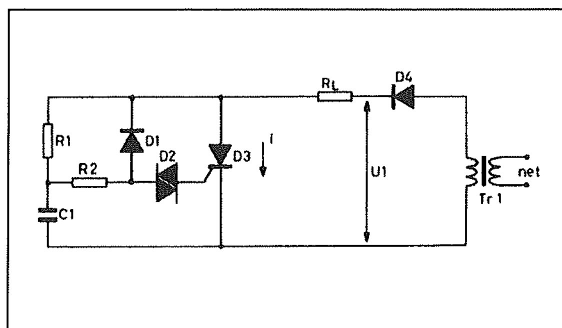
In de vorige paragraaf hebben we bewezen dat een diac op een bepaald moment stroom gaat geleiden als de spanning over het onderdeel langzaam wordt opgevoerd. Zo'n langzaam stijgende spanning kunnen we automatisch opwekken door middel van een RC-kring. In figuur 4/15.24-3 is deze schakeling in zijn meest eenvoudige, zij het praktisch niet bruikbare, vorm getekend.



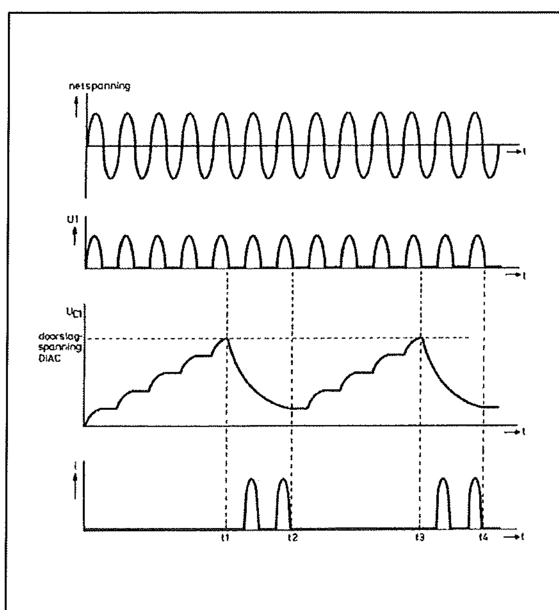
Figuur 4/15.24-3: Het voeden van een diac uit een RC-kring.

15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V

Een condensator C1 wordt opgeladen uit een positieve spanning $+U_b$ via een weerstand R1. Over de condensator is een diac geschakeld, in serie met een regelbare weerstand R2. Bij het aanschakelen van de voeding zal de diac niet geleiden. De spanning over het onderdeel is immers te klein. De condensator C1 kan dus ongehinderd opladen, zodat de spanning over dit onderdeel langzaam zal stijgen. Op een bepaald moment t1 wordt de spanning over de condensator (die gelijk is aan de spanning over de diac, er vloeit immers geen stroom) gelijk aan de doorslagspanning van de diac. De diac gaat geleiden, er vloeit stroom door de seriekring R2-D1. De condensator zal zich vrij snel ontladen tot de restspanning van de diac. Een en ander gebeurt alleen als de waarde van R2 vele malen kleiner is dan de waarde van R1. Alleen dan zal de ontlaadstroom door eerstgenoemde weerstand groter zijn dan de laadstroom door R1 en kan de spanning over de condensator dalen. De ontlaadsnelheid is uiteraard afhankelijk van de waarde van R2. Hoe groter dit onderdeel, hoe trager de condensatorspanning daalt.
Met dit eenvoudige systeem kan men een zeer goed werkende knipperlichtcentrale opbouwen, zoals het schema van figuur 4/15.24-4 bewijst. Voorwaarde is dat de schakeling niet wordt gevoed met een gelijkspanning maar met een enkele-alternantie gelijkgerichte wisselspanning. Alleen de positieve gedeelten van deze spanning worden aan de schakeling aangeboden.
Voelt u de rechtstreekse netvoeding in de verte opduiken, lezer?
In het getekende schema wordt de belasting, bijvoorbeeld een lamp en voor de gelegenheid voorgesteld door het symbool R_L, nog gevoed uit een transformator.



Figuur 4/15.24-4: Het basisschema van de schakeling.



Figuur 4/15.24-5: De timingdiagrammen van de schakeling van figuur 4/15.24-4.

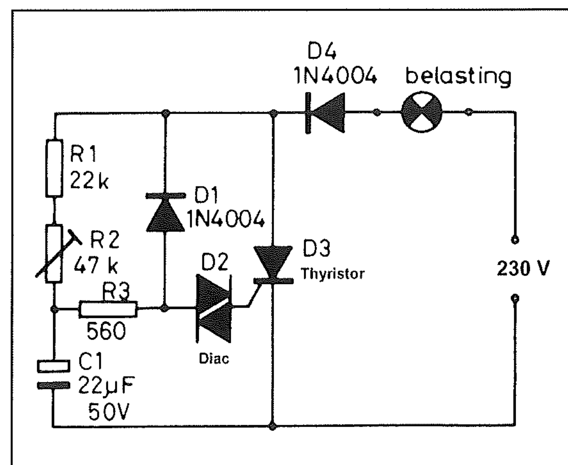
Door middel van de diode D4 worden alleen de positieve alternanties als voeding aan de schakeling aangeboden. De combinatie R1-C1-R2-D2 komt bekend voor. Het enige verschil met de in de vorige afbeelding getekende schakeling is dat de diac niet rechtstreeks met de massa is verbonden. Hij stuurt de gate van de thy-

15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V

ristor D3. Extra is een diode D1, geschakeld tussen R2-D2 en de anode van de thyristor.
De werking van de schakeling wordt toegelicht aan de hand van de grafieken in figuur 4/15.24-5. Bij het aanschakelen van de voeding zal de thyristor niet geleiden. De condensator C1 is immers volledig ontladen en de gate van de thyristor kan nergens stroom vandaan halen. C1 zal zich dus langzaam opladen. Bij iedere positieve alternantie van de wisselspanning zal de spanning over dit onderdeel enigszins stijgen. Na een bepaalde tijd, namelijk op tijdstip t1, wordt de condensatorspanning gelijk aan de doorslagspanning van de diac. Dit onderdeel slaat door, er vloeit een stroom in de gate van de thyristor. Dit onderdeel geleidt, de belasting wordt met de massa verbonden en voert bijgevolg stroom.
Ook de diode D1, die tot nu toe niet actief was, gaat geleiden. Haar kathode wordt met de massa verbonden, via de geleidende thyristor. De condensator C1 zal door twee stromen worden ontladen. Enerzijds de diac-stroom, die door R2 en D2 in de gate van de thyristor vloeit, anderzijds een veel grotere stroom door R2 en D1. De spanning over C1 daalt zeer snel, afhankelijk van de waarde van R2. Het gevolg is dat de thyristor na enige tijd (tijdstip t2) weer gaat sperren. De gate-stroom is dan te klein geworden om de thyristor bij een volgende positieve alternantie weer in geleiding te sturen. De tijdsduur van geleiden (van t1 tot t2) is afhankelijk van de grootte van de weerstand R2.
Na t2 start de cyclus opnieuw. Tussen t2 en t3 laadt de condensator op, op t3 stuurt de diac een ontsteekstroom in de gate van de thyristor, deze geleidt wat tot gevolg heeft dat de condensator ontlaadt via R2 en D1. De belasting wordt dus doorlopen door een pulserende stroom en zowel de aan- als de uittijd is te regelen door het variëren van de weerstandswaarden R1 en R2.

Het praktisch schema

De praktische schakeling is getekend in figuur 4/15.24-6. De schakeling is met de goedkoopst mogelijke onderdelen opgebouwd: twee 1N4004 dioden, een 400 V, 6 A thyristor en een ordinaire diac. Met deze onderdelen kan de schakeling een maximaal vermogen van 1.000 W sturen, meer dan genoeg voor normaal gebruik.



Figuur 4/15.24-6: Het volledig schema van de schakeling.

Door middel van de instelpotmeter R2 kan men het aantal lichtflitsen per seconde instellen. Met de elco van 22 µF loopt het gebied van 2 flitsen per seconde tot 1 flits om de 5 seconden.

De bouw van de schakeling

Figuur 4/15.24-7, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, geeft het printontwerpje voor deze schakeling, de bestukking volgt uit figuur 4/15.24-8.

15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V

ONDERDELENLIJST

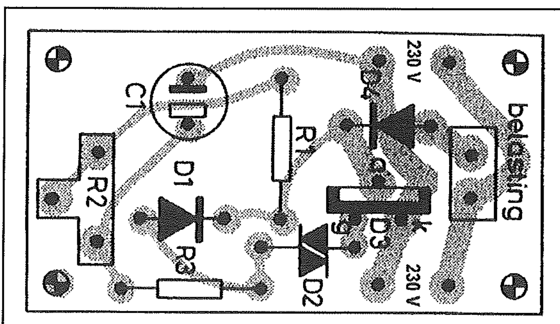
WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %
R1 . . . . 22 kΩ
R3 . . . . 560 Ω

INSTELPOTENTIOMETER, STAAND, 10 x 5 mm
R2 . . . . 47 kΩ

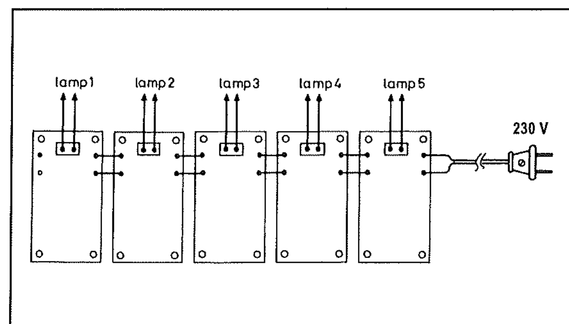
CONDENSATOREN
C1 . . . . 22 μF 50 V printelco

HALFGELEIDERS
D1,D4 . . . . 1N4004
D2 . . . . diac
D3 . . . . thyristor, 400 V, 6 A

DIVERSEN
1 . . . . printkroonsteentje, 2-polig
4 . . . . printsoldeerlipje



Figuur 4/15.24-8: De componentenopstelling van de schakeling.

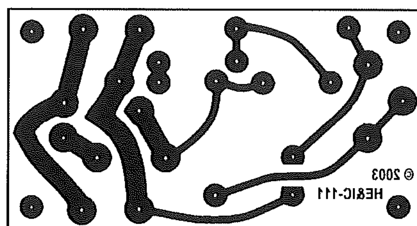


Figuur 4/15.24-9: Het cascaderen van meer dan een printje.

Dit printje is zo ontworpen, dat de twee netspanningssporen één doorlopende verbinding vormen. U kunt dus een aantal printjes naast elkaar opstellen, zoals getekend in figuur 4/15.24-9.
Door middel van twee draadbruggetjes tussen de printen gaat de netspanning van print naar print.
De thyristor wordt loodrecht op de print gemonteerd, waarbij de metalen bevestigingslip naar de diac D2 wordt gericht.

Levensbelangrijke opmerking
Deze schakeling is rechtstreeks verbonden met de 230 V netspanning. Dat betekent dat alle punten van de print via een kleine weerstand met de fase van het net zijn verbonden. ***Aanraken van de print kan dus dodelijk zijn!*** Als u met een werkende schakeling wilt experimenteren, gebruik dan altijd een 1/1 scheidingstrafo, zodat de schakeling niet met de fase van het net is verbonden.

15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V



Figuur 4/15.24-7: De print voor de schakeling

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

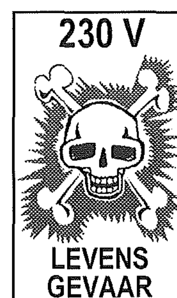
OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

15.24 Knipperlicht besturing voor 230 V

4/15.25

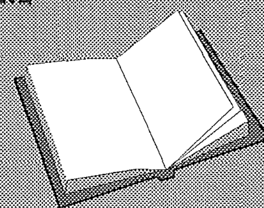
Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing



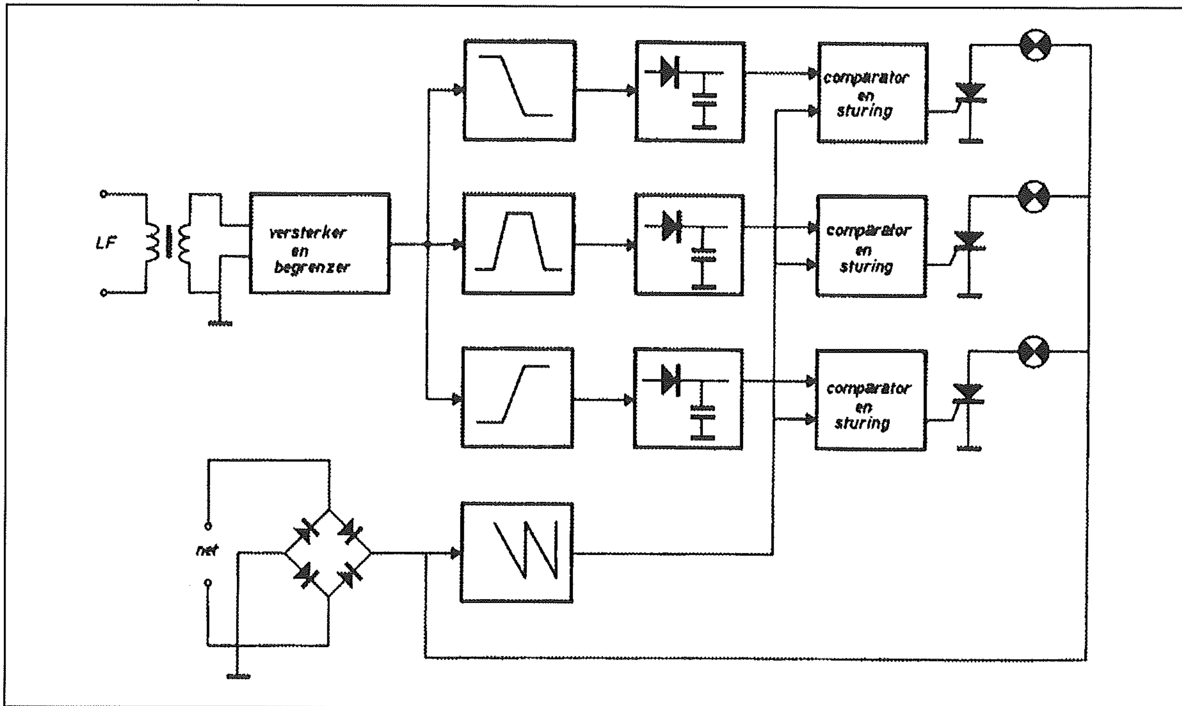
Inleiding
Het feit dat kleur en muziek overeenkomstige sensaties opwekken, heeft de mens steeds geïntrigeerd. Warme, diepe, lage tonen worden geassocieerd met de eveneens warm aanvoelende kleur rood, terwijl schrille hoge tonen de kille kleur blauw in gedachten roepen.
Reeds in 1725 werd met de bouw van een "Clavécin Oculaire" een poging ondernomen om muziek en kleur rechtstreeks te koppelen. Het verder uitwerken van deze ideeën werd slechts mogelijk toen de techniek in de pas begon te lopen met de vooruitstrevende dromen der musici. In het begin van de vorige eeuw componeerde de Rus Alexander Sciabin "regenboogsymfonieën" voor een door hem ontworpen "clavier à lumière". Dit toestel kan terecht als het eerste lichtorgel beschouwd worden.
De echte doorbraak kwam met de opkomst van de moderne elektronica. Denk maar aan de wereldberoemde "son et lumière"-shows van de Fransman Paul Robert Houdin in 1952 bij het kasteel van Chambord en de experimenten met een elektronisch gedicht door Le Corbusier in het Philips paviljoen op de Expo '58 te Brussel.
Het lichtorgel heeft nu evenwel zijn weg gevonden van het spel der kunstenaars via de zwoele atmosfeer van nachtclubs naar de huiskamer. Als men het uitgebreide arsenaal lichtorgels aan een nader onderzoek ontwerpt, stelt men vast dat in vele gevallen bijzonder weinig elektronica voor bijzonder veel geld wordt aangeboden.
Reden genoeg om een eigen lichtorgel te ontwerpen, dat door de gebruikte schakelingen ook voor andere toepassingen bruikbaar is.

Het principe van een lichtorgel
Het principe van een lichtorgel mag bekend worden geacht. Het muzieksignaal wordt afgetapt aan de luidsprekerklemmen van één van de luidsprekers en vervolgens gesplitst in drie frequentiebanden. De lage tonen sturen via een elektronische schakelaar een rode lamp, de middentonen een gele en de hoge tonen een blauwe lamp.

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/3.14
Hoofdstuk 4/15.1.1
Hoofdstuk 4/15.22.2



15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing



Figuur 4/15.25-1: Het blokschema van het HE&IC-lichtorgel.

De meeste lichtorgels werken volgens het aan/uit-principe. Dat wil zeggen dat de lampen of gedoofd zijn of op volle sterkte branden. Het inschakelen gebeurt als de betreffende frequentieband een bepaalde amplitude overschrijdt. Het nadeel van dit systeem is, dat bijvoorbeeld bij een lange baspartij de rode lamp een hele tijd vol blijft branden.
In dit HE&IC-lichtorgel is daarom gekozen voor een proportionele regeling. De lichtsterkte is afhankelijk van de geluidsterkte van de beschouwde frequentieband. Hierdoor wordt een levendiger effect verkregen en is de regeling van de drie kanalen effectiever uit te voeren.

Het blokschema

In figuur 4/15.25-1 is het blokschema van het lichtorgel weergegeven. Daar de lampen uiteraard door thyristoren gestuurd worden, doet zich bij iedere lichtorgelschakeling het probleem van scheiding tussen net en geluidsinstallatie voor. Een dure methode is om iedere thyristor te sturen via een eigen transformator. Dit heeft tot gevolg dat de lichtorgelschakeling galvanisch met de versterker kan worden verbonden, maar een transformator voor het voeden van die schakeling nodig is. In dit lichtorgel wordt slechts één scheidingstransformator aan de ingang van de schakeling gebruikt. Het gehele lichtorgel is dan natuurlijk met het net verbonden en rechtstreekse voeding van de schakeling uit het net is mogelijk. Op deze manier bespaart men twee scheidings- en één voedingstransformator. De nadelen van het rechtstreeks uit het net voeden (zware weerstanden die behoorlijk warm worden) kunnen door gebruik te maken van een handige schakeling omzeild worden.

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

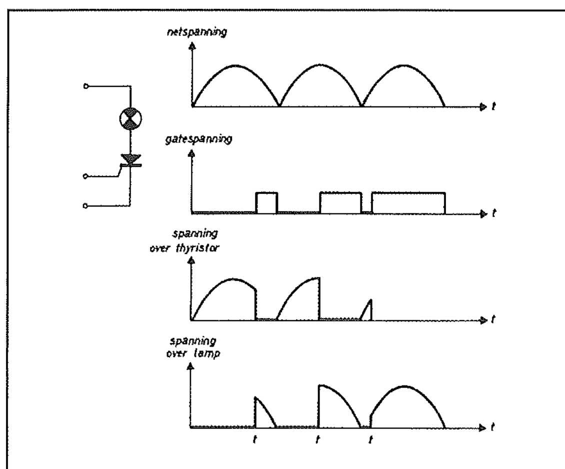
Het secundaire muzieksignaal van de scheidingstransformator moet uiteraard versterkt worden. Hier doet zich eveneens een moeilijkheid voor. De werking van het lichtorgel moet namelijk onafhankelijk zijn van het gemiddeld vermogen door de versterker geleverd. Was dat niet zo, dan moest men de drie kanalen van het orgel, telkens als het volume van de versterker veranderd werd, bijregelen.
Het mooiste is uiteraard een versterker met ingebouwde automatische volumeregeling. Nu komt er bij de opbouw van zo'n schakeling nogal wat kijken. Het probleem wordt hier bovendien nog ingewikkelder, daar de gebruikte scheidingstransformator een zeer slechte frequentiekarakteristiek blijkt te hebben.
Om al deze problemen te omzeilen is gekozen voor een eenvoudige begrenzingsschakeling. Het LF-signaal wordt eerst versterkt, vervolgens worden de toppen afgeknipt, zodat de amplitude constant blijft voor iedere grootte van het ingangssignaal. Het alzo mishandelde signaal wordt nogmaals versterkt. Door een juiste dimensionering van de schakeling zet de begrenzing in bij een ingangssignaal aan het lichtorgel, dat overeenkomt met een luidsprekervermogen van 0,5 W (4 Ω luidspreker).
Wie nu beweert dat op deze manier het frequentiebeeld van het geluidsignaal volkomen vervalst wordt, heeft uiteraard gelijk. Door het scherpe klippen worden vele hogere harmonischen ingevoerd. Logisch lijkt dus dat het hoge kanaal een onevenredig groot aandeel toegedeeld krijgt. In de praktijk blijkt dit best mee te vallen. Wie wel eens een muzieksignaal op de scoop heeft bestudeerd, weet dat de amplitude van de hoge tonen veel kleiner is dan die van de bassen. Meestal ziet men slechts wat rimpeltjes op de forse laagfrequent sinussen. Bovendien is het overgrote deel van de versterkers allesbehalve lineair ingesteld. Om de speakers aan te sporen tot het produceren van de door velen gewenste doffe bassen, staat de basregelaar van de toonregeling meestal flink opengedraaid. Tenslotte is het zo, dat de intensiteit van een blauwe lamp veel minder lijkt dan die van een rode van hetzelfde vermogen.
Om al deze redenen bevordert de toegepaste begrenzingsschakeling een evenwichtig kleurenspel. Bovendien is het vooropgestelde doel, namelijk werking onafhankelijk van versterkervolume, volledig verzekerd.
Het voorbewerkte signaal wordt nu door drie frequentiegevoelige filters in drie frequentiebanden gesplitst. Het bovenste filter laat alle signalen tussen 20 Hz en 250 Hz door, het middelste filter geeft signalen tussen 200 Hz en 2 kHz vrij baan en het onderste werkt soortgelijk voor signalen tussen 1,5 kHz en 7 kHz.
Uiteraard is de keuze van deze banden zeer afhankelijk van de soort muziek, die "gekleurd" gaat worden. Daar het aannemelijk lijkt, dat een van de ontelbare rappers eerder deze speciale behandeling zal ondergaan dan Bach, is de frequentieverdeling op eerstgenoemde persoon afgestemd.
Na de filters volgen drie gelijkrichters. De gelijkspanning over de afvlakelco van het lage kanaal is dus steeds evenredig met de hoeveelheid lage tonen in het ten gehore gebrachte. Hetzelfde geldt voor de andere kanalen.

De proportionele regeling

Wil men de lampen proportioneel regelen, dan is het duidelijk dat de grootte

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

van deze gelijkspanning moet worden omgezet in een pulsbreedte. Het regelen van een lichtsterkte met een thyristor gebeurt immers door dit element gedurende een groter of kleiner deel van de 50 Hz netsinus te ontsteken. Is de spanning groot, dan moet de thyristor ontstoken worden bij het begin van de sinus. De lamp brandt op volle sterkte. Is de spanning klein, dan ontsteekt de halfgeleider in het laatste deel van de sinus, zodat de lamp slechts bescheiden gloeit.
Een en ander is verduidelijkt in figuur 4/15.25-2. Het tijdstip bepaalt de helderheid van de lamp. De transformatie van spanningsgrootte naar tijd wordt eenvoudig als men gebruik maakt van een comparator en een zaagtand. De zaagtand loopt synchroon met de netspanning en heeft een negatieve helling. Hij wordt vergeleken met de van het geluid afgeleide spanning. De comparator geeft een uitgang als beide signalen aan elkaar gelijk worden.



Figuur 4/15.25-2: Het principe van de proportionele regeling.

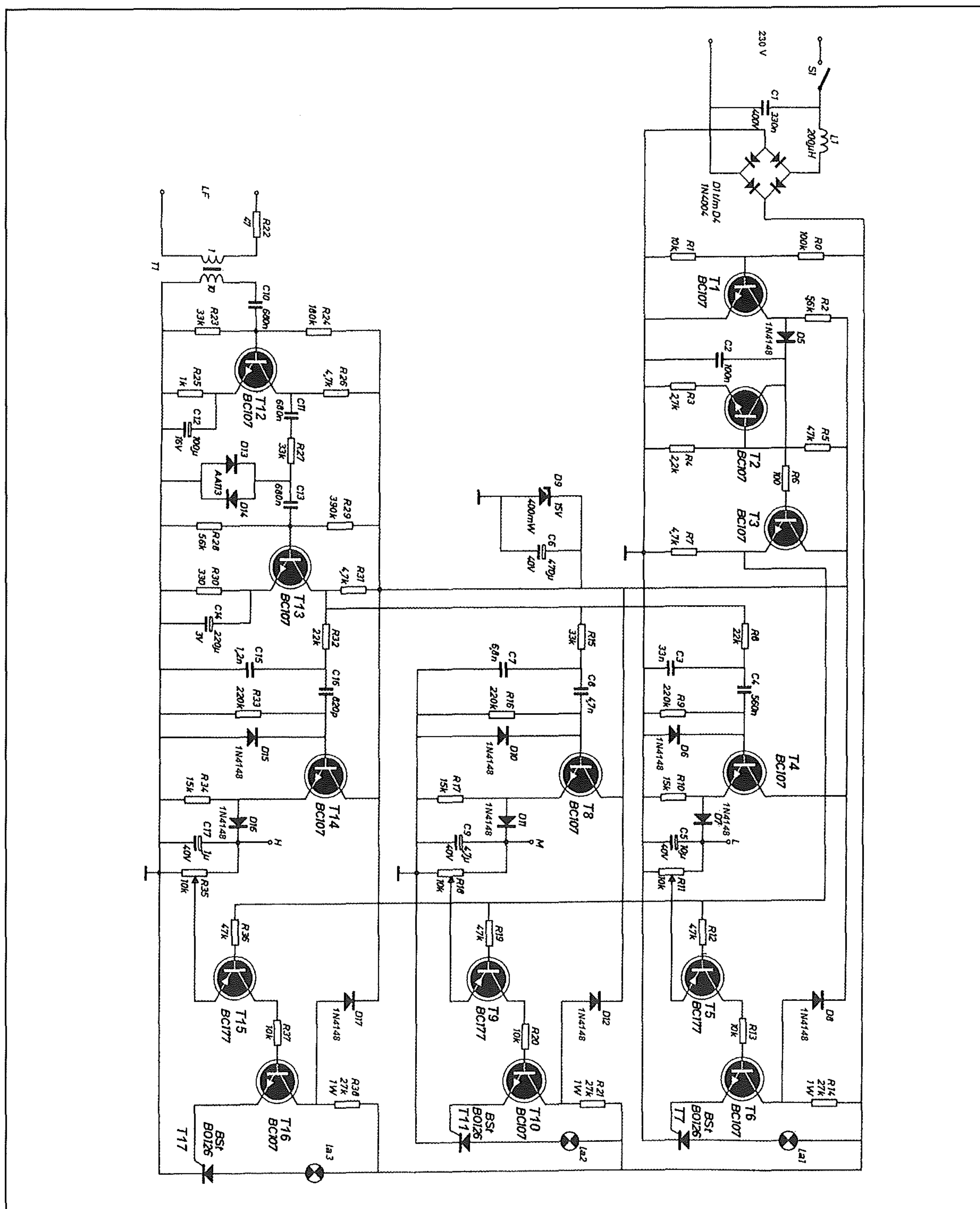
De juiste werking van deze schakeling komt uitvoerig aan de orde bij de bespreking van het schema.

Figuren 1 en 2 leren ons, dat de netspanning wordt gelijkgericht door een brug. Op deze manier kan de thyristor beide alternanties van de netspanning onder handen nemen. De intensiteit van de lampen neemt hierdoor natuurlijk evenredig toe. Deze oplossing is voor huis-, tuin- en keukengebruik van het lichtorgel, waar wel nooit meer dan drie 100 W spots gebruikt worden, de meest economische. Inderdaad zijn vier 1 A dioden goedkoper dan de meerprijs die moet worden betaald bij de vervanging van de thyristoren door triac's.

De schakeling

In figuur 4/15.25-3 is de elektronische vertaling van het blokschema gegeven. Na de uitvoerige bespreking van dit laatste zal de schakeling gemakkelijk te doorgronden zijn.
De versterkerbegrenzer is opgebouwd rond de transistoren T12 en T13. Als scheidingstransformator wordt een kleine LF-transformator gebruikt met een wikkelverhouding van 1/10. De weerstand R22 beschermt de transformator tegen doorbranden bij vol opengedraaide versterker. Bovendien wordt de ingangsimpedantie van de schakeling hierdoor 50 Ω, zodat parallel schakelen van het lichtorgel aan de luidspreker probleemloos uit te voeren is.
Transistor T12 is als klassieke versterkertrap geschakeld. Het collectorsignaal wordt door de kring R27-D13-D14 geclipt op ongeveer 0,6 V. Het type diode is niet kritisch zolang het halfgeleidermateriaal germanium is.
De tweede versterker met transistor T13 pept het begrensde signaal op tot een amplitude van 15 V.
De drie frequentiegevoelige bandfilters zijn identiek van samenstelling.

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing



Figuur 4/15.25-3: Het volledig schema van het HE&IC-lichtorgel met proportionele intensiteitsregeling.

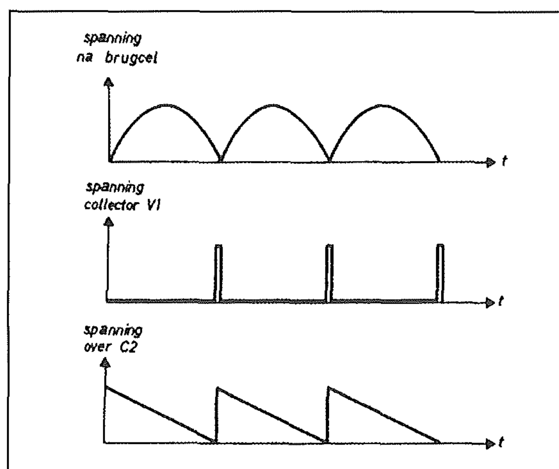
15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

Zij onderscheiden zich door de waarden van de gebruikte onderdelen. Het laagfilter is opgebouwd uit R8-C3-C4-R9. Het eerste netwerk is een laagdoorlaat filter. Beide componenten vormen een frequentie-afhankelijke spanningsdeler. De waarde van de weerstand (22 kΩ) is uiteraard constant. De impedantie (= wisselstroomweerstand) van C3 is evenwel sterk frequentie-afhankelijk. Hoe hoger de frequentie, hoe lager de impedantie. Door geschikte keuze van de elementen kan men er voor zorgen dat de condensator alle frequenties boven 250 Hz naar massa kortsluit. C4 en R9 vormen een hoogdoorlaat filter dat zo gedimensioneerd is, dat alle subsonisch gerommel (bijvoorbeeld rumble) het lichtorgel niet beïnvloedt. Het bandfilter wordt afgesloten met een emittervolger T4.
De functie van de diode D6 behoeft nog enige toelichting. Zonder deze diode zou het signaal op de basis van de emittervolger symmetrisch ten opzichte van de massa schommelen, waardoor op de emitter slechts de positieve helft van het basissignaal terug te vinden zou zijn. Dit veroorzaakt een onduldbaar amplitudeverlies. De toevoeging van de diode voorkomt dit verschijnsel. Inderdaad zal de halfgeleider dadelijk geleiden als de basisspanning negatief wil worden. De negatieve lading op de rechter plaat van condensator C4 vloeit bijgevolg af naar de massa, zodat het basissignaal op 0 V wordt geclampt.
Het signaal over de emitterweerstand wordt afgevlakt door elco C5. De diode C7 is in feite overbodig. Omdat het voor een verdere toepassing van het lichtorgel noodzakelijk is dat op punt L een externe stuurspanning wordt aangelegd, is de diode toch tussengevoegd. De gelijkspanning over C5 stuurt de comparator.

Met potentiometer R11 kan de intensiteit van het lage kanaal naar persoonlijke voorkeur worden ingesteld.
Zoals geschreven hebben de overige twee bandfilters en gelijkrichters dezelfde structuur. De afwijkende waarden der onderdelen zorgen voor de gewenste frequentiebanden.
Om te vermijden dat het hoge kanaal aanspreekt op de achtergrondruis van het muzieksignaal, is de frequentieband drastisch beperkt tot 7 kHz.

De zaagtandgenerator

De schakeling rond de transistoren T1, T2 en T3 zorgt voor het opwekken van de zaagtandspanning. Allereerst bemerkt men tussen het 230 V net en de gelijkrichter een ontstoorfilter. Door de proportionele regeling ontstaan veel HF-storingen in de schakeling, die door het filter onschadelijk worden gemaakt, voordat ze de netleiding als antenne kunnen misbruiken.



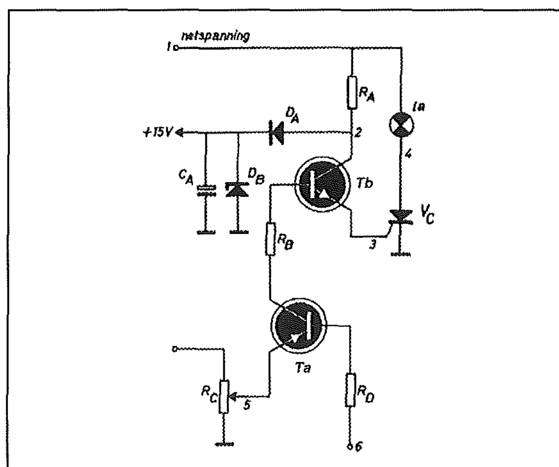
Figuur 4/15.25-4: De werking van de zaagtandgenerator grafisch toegelicht.

De zaagtand moet starten bij het begin van iedere alternantie van de netspanning. Men moet dus beschikken over

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

een puls die aanduidt dat een alternantie begint. Hiervoor zorgt T1. De basisspanningsdeler houdt de transistor gedurende de hele sinus geleidend. De collectorspanning is nul. Slechts gedurende het korte moment dat de netspanning door 0 V gaat, spert T1 zodat de collector even positief wordt. Een en ander is weergegeven in figuur 4/15.25-4.
Op dit moment kan condensator C2 via R2 en D5 opladen tot ongeveer 10 V. Diode D5 belet dat de condensator ontlaadt als de transistor weer gaat geleiden.
Om de gewenste zaagtand op te wekken is het voldoende de condensator C2 gedurende de duur van de halve sinus met een constante stroom te ontladen. Transistor T2 is voor dit doel als constante stroombron geschakeld. De basis wordt door de spanningsdeler R4-R5 op een vaste spanning ingesteld. De transistor zal nu zo gaan geleiden, dat de collectorstroom over de emitterweerstand R3 een constante spanning opbouwt. Deze spanning is gelijk aan het basispotentiaal minus de 0,7 V van de geleidende basis/emitter-junctie. Zolang de basisspanning constant blijft, zal ook de spanning over de emitterweerstand en bijgevolg ook de stroom erdoor constant blijven.
Als een geladen condensator met een constante stroom wordt ontladen weet men dat de spanning over de condensator lineair afneemt. Het is dus voldoende deze ontlaadstroom zo groot te kiezen, dat de condensator volledig ontladen wordt in de 10 ms van de halve sinus. Bij de volgende nuldoorgang van de netspanning wordt de condensator opnieuw geladen en de zaagtandspanning is geboren. Om het lineaire verloop van de zaagtand niet te verstoren, wordt de condensator afgesloten door een emittervolger T3.

De comparator schakeling
De functie van comparator, thyristorsturing en voedingsspanningsverzorger wordt uitgevoerd door de transistoren T5 en T6, T9 en T10 en T15 en T16. Deze schakeling wordt besproken aan de hand van de figuren 4/15.25-5 en -6.
De netspanning stuurt enerzijds de serieschakeling van lamp en thyristor en anderzijds de serieschakeling van de transistoren Ta en Tb. De emitter van Tb stuurt de gate van de thyristor. Transistor Ta dient als comparator. Aan de basis wordt via stroombegrenzer RD de zaagtand aangelegd, de emitter wordt gestuurd uit de gelijkspanning, ontstaan door gelijkrichting van het muzieksignaal.

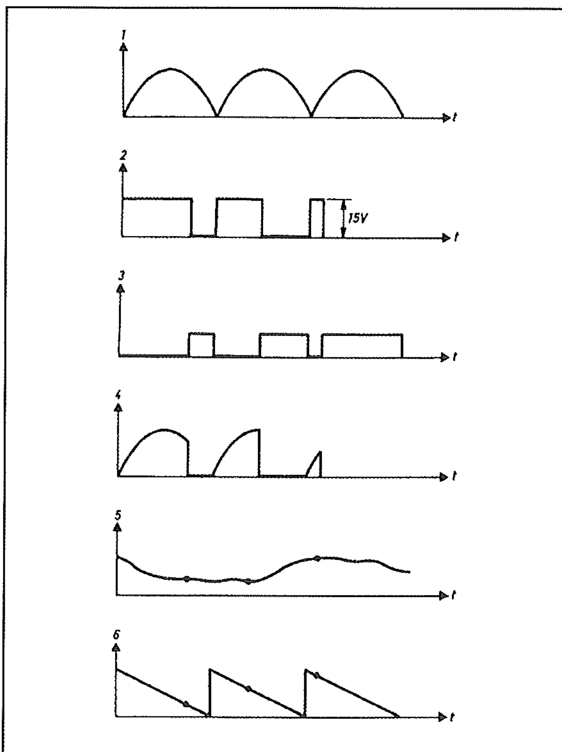


Figuur 4/15.25-5: De schakeling van de comparator die zorgt voor de proportioneel besturing van de thyristor.

Zolang de basis positiever is dan de emitter (aanvang van de halve sinus) spert Ta. Gevolg is dat Tb geen basisstroom krijgt en eveneens spert. De collector van deze laatste transistor volgt dus de stijging van de netspanning. De collector is evenwel via de diode DA met de zener-

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

diode DB verbonden. Op het ogenblik dat de netspanning groter wordt dan 15 V slaat de zenerdiode door. Er vloeit stroom door de kring RA-DA-DB en de collectorspanning wordt op +15 V begrensd. De condensator CA wordt tot deze spanning opgeladen. Het is deze elco, die als voedingsreservoir voor de gehele schakeling dienst doet.



Figuur 4/15.25-6: De grafische verklaring van de werking van de schakeling van figuur 4/15.25-5.

Als de basisspanning van Ta kleiner wordt dan de emitterspanning, gaat deze transistor geleiden. Gevolg is dat Tb eveneens geleidt, want er vloeit stroom in de basis via RC-Ta-RB. Door het opengaan van Tb wordt een fikse stroomstoot in de gate van de thyristor geïnjecteerd. Deze zal dan ook prompt ontsteken. Voor de rest van de halve sinus is de collectorspanning van de bovenste transistor praktisch 0 V. Diode DA belet dat de voedingscondensator CA ontlaadt. Daar de lichtorgel elektronica zo ontworpen is dat slechts een totale voedingsstroom van ongeveer 15 mA nodig is, zal de voedingselco niet al te zeer ontladen worden gedurende het geleiden van thyristor en Tb.
Het zal duidelijk zijn dat de thyristor vroeger ontsteekt als de emitterspanning van Ta groter is. De vooropgestelde proportionele lichtregeling is dus eenvoudig gerealiseerd.
Bovendien is het duidelijk dat dit vernuftige systeem van voedingsspanningsvoorziening in gevaar komt, als de thyristor gedurende enige perioden achter elkaar voor 100 % geleidt. De voedingscondensator heeft dan onvoldoende kansen om op te laden, daar dit laden alleen kan gebeuren als de thyristor spert. Gelukkig zijn er drie kanalen ter beschikking. In de praktijk is gebleken dat het niet voorkomt dat ze alle drie zolang vol geleiden, dat de voedingsspanning in elkaar stort.

De laatste opmerkingen over het schema

Uiteraard moeten de vier dioden van de bruggelijkrichter de totale lampstroom kunnen verdragen. De goedkope typen 1N4004 kunnen 1 A verwerken. Door de niet constante sturing van de lampen kan men zonder meer drie 500 W spots gebruiken. Wil men meer vermogen sturen, dan moeten de dioden door zwaardere exemplaren vervangen worden, evenals de thyristoren en de ontstoorspoel.
De schakeling is niet kortsluitvast. Kortsluiten van één der lampen wreekt zich onverbiddelijk door de vernieling van de thyristor en de gelijkrichterdioden.

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R0	100 kΩ
R1,R13,R20,R37	10 kΩ
R2	5,6 kΩ
R3	2,7 kΩ
R4	2,2 kΩ
R5,R12,R19,R36	47 kΩ
R6	100 Ω
R7,R26,R31	4,7 kΩ
R8,R32	22 kΩ
R9,R16,R33	220 kΩ
R10,R17,R34	15 kΩ
R15,R23,R27	33 kΩ
R22	47 Ω
R24	180 kΩ
R25	1 kΩ
R28	56 kΩ
R29	390 kΩ
R30	330 Ω

WEERSTANDEN, 1 W, 5 %

R14,R21,R38	27 kΩ

SCHUIFPOTENTIOMETERS, MONO, LINEAIR

R11,R18,R35	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1	330 nF	400 V
C2	100 nF	MKH
C3	33 nF	MKM
C4	560 nF	MKM
C5	10 µF	40 V axiale elco
C6	470 µF	25 V axiale elco
C7	6,8 nF	MKM
C8	4,7 nF	schijfcondensator
C9	4,7 µF	40 V axiale elco
C10,C11,C13	680 nF	MKH
C12	100 µF	16 V printelco
C14	220 µF	16 V printelco
C15	1,2 nF	schijfcondensator
C16	820 pF	schijfcondensator
C17	1 µF	40 V axiale elco

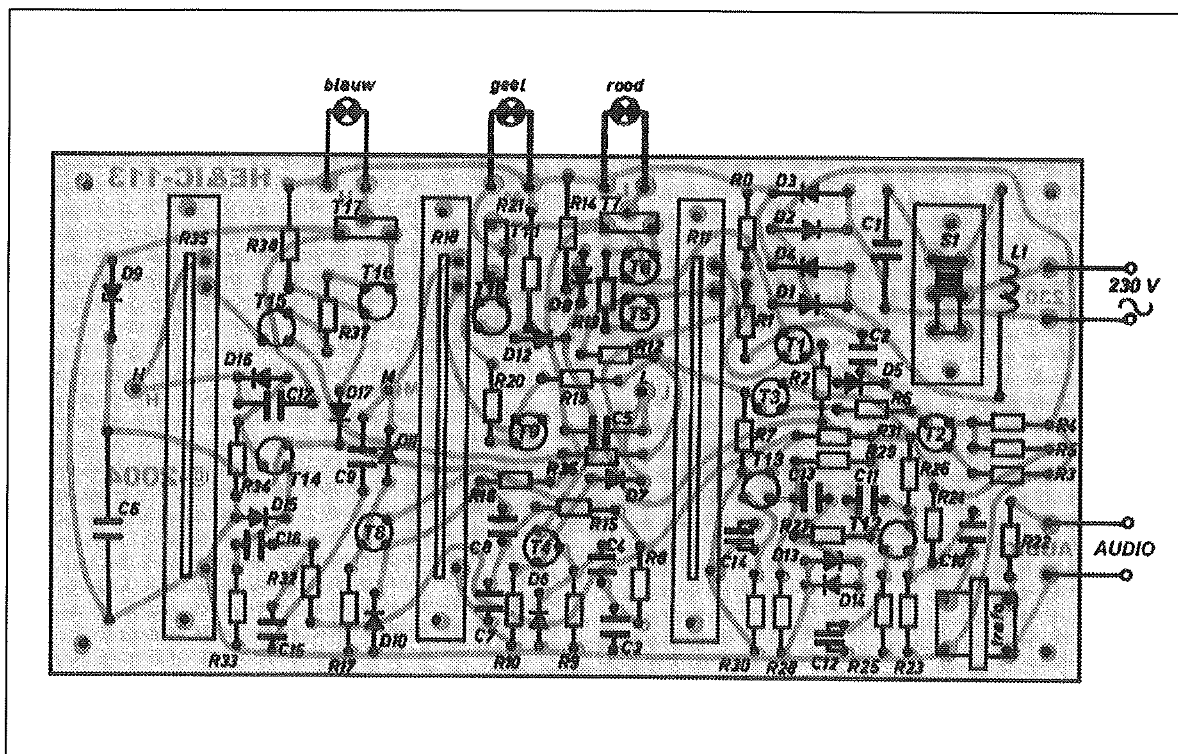
HALFGELEIDERS

D1,D2,D3,D4	1N4004 (zie tekst)
D5-D8,D10-D12,D15-D17	1N4148
D9	15 V zener 400 mW
D13,D14	AA113 of andere Ge-diode
T1-T4,T6,T8,T10,T12-T14,T16	BC107
T5,T9,T15	BC177
T7,T11,T17	400 V, 5 A thyristor

DIVERSEN

L1	200 µH, 1 A ontstoorspoel
S1	dubbele omschakelaar schuifmodel
T1	scheidingstransformator 1/10

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing



Figuur 4/15.25-8: De componentenopstelling van het lichtorgel.

De bouw van de schakeling

Er is naar gestreefd alle onderdelen, inclusief netschakelaar en potentiometers, op de print onder te brengen. Voor de potentiometers werden schuiftypen gekozen. De print heeft als afmetingen 10 cm bij 20 cm en is in figuur 4/15.25-7, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, weergegeven.

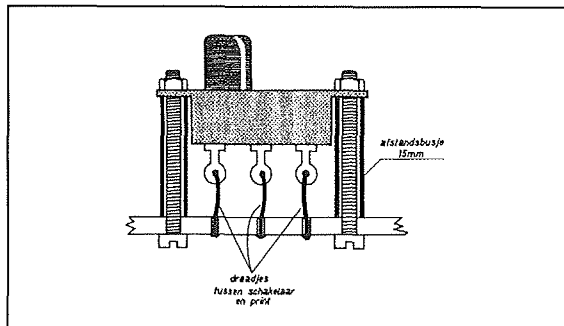
Figuur 4/15.25-8 toont waar de onderdelen thuishoren. De montage is vrij eenvoudig. De weerstanden kunnen 1/4 W of 1/2 W zijn. Alleen R14-21-38 moeten 1 W zijn. De hoogohmige zijde van de transformator is goudkleurig gemerkt.

De montage van de printpotentiometers behoeft enige toelichting. Gebruik wel potentiometers van het fabrikaat AB. Andere fabrikanten hebben namelijk afwijkende rastermaten. Het lichaam van de potentiometer wordt met twee M3x5 boutjes vastgeschroefd. Tussen potentiometer en printplaat moeten enige ringetjes worden gemonteerd. Dit om te vermijden dat enige grote onderdelen, die net iets hoger zijn dan de potentiometers, boven deze laatsten uitsteken.

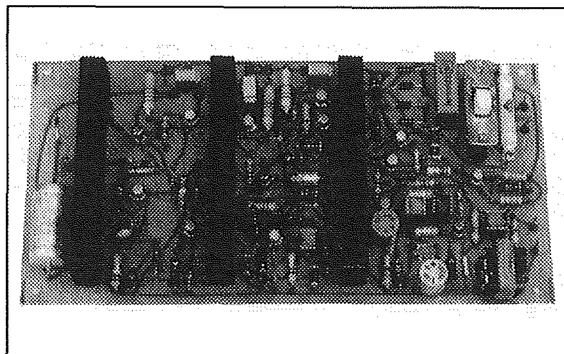
De netschakelaar is een Japanse dubbelpolige omschakelaar van het schuiftype, groot model. Aan de zes aansluitlipjes worden 3 cm lange draadjes gesoldeerd. Nadien worden deze door de gaatjes van de print gestoken, terwijl de schakelaar gelijktijdig met twee M3x15 boutjes en M3 moertjes wordt vastgezet. Dit is verduidelijkt in figuur 4/15.25-9. Nadien worden de zes draadjes vastgesoldeerd op de print.

De foto van figuur 4/15.25-10 geeft een impressie van het volledig gemonteerde prototype.

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing



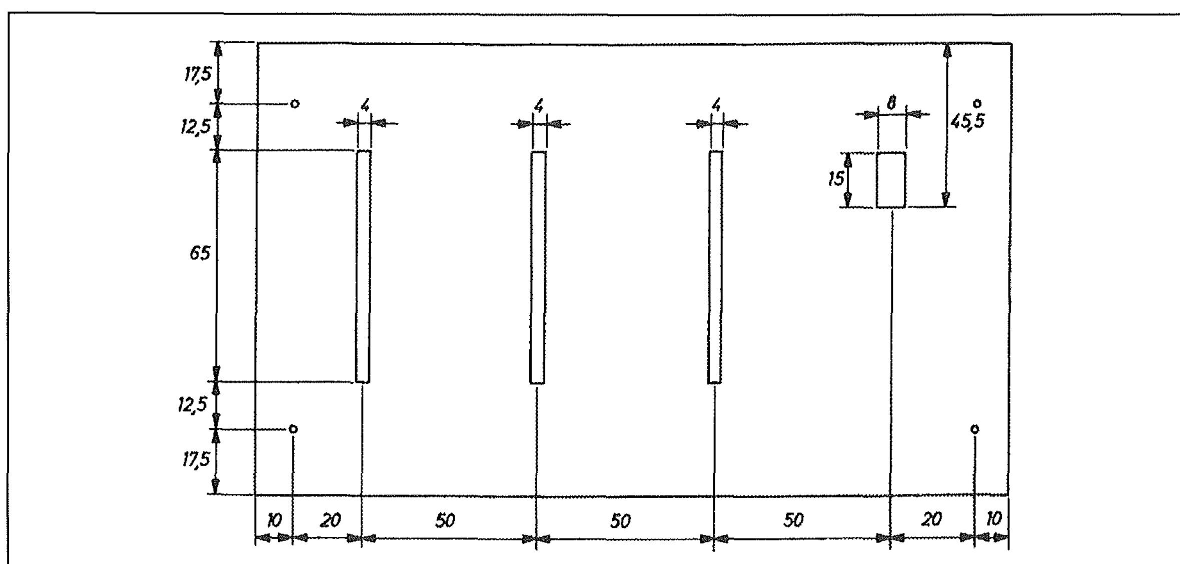
Figuur 4/15.25-9: De montage van de aan/uitschakelaar.



Figuur 4/15.25-10: Het prototype is klaar voor inbouw in een behuizing.

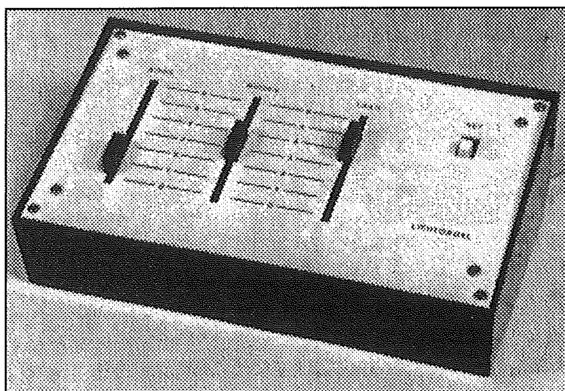
Eindmontage

De print is zo ontworpen, dat een eenvoudige inbouw in een Teko kastje model 363 mogelijk is. In de aluminium frontplaat worden met een figuurzaag de drie gleuven voor de potentiometers, alsook het rechthoekige gat voor de schakelaar gezaagd. Vier bevestigingsgaatjes beëindigen de mechanische bewerking van de frontplaat. De boormal is voorgesteld in figuur 4/15.25-11.
Na spuiten met witte lak en van opschrift voorzien met wrijfletters kan de print met vier M3x35 boutjes en vier 18 mm lange afstandsbusjes onder de frontplaat worden bevestigd. De aansluitdraden kunnen via enige gaten in de achterzijde van het plastic kastje naar buiten worden gevoerd.
De foto van figuur 4/15.25-12 geeft een indruk van het kant-en-klare lichtorgel.



Figuur 4/15.25-11: De boormal van de frontplaat.

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing



Figuur 4/15.25-12: Het HE&IC-lichtorgel is klaar voor gebruik.

Slotopmerkingen

Allereerst een waarschuwing. De volledige schakeling van het lichtorgel is rechtstreeks met het net verbonden en dus levensgevaarlijk. Wees zeer voorzichtig bij het eventueel experimenteren met de schakeling! Gebruik bij het experimenteren altijd een scheidingstrafo!

Hou lampen- en netleiding zover mogelijk verwijderd van antenneleidingen van FM-tuners en TV's. Verbind, indien mogelijk, het lichtorgel op een andere plaats met het net dan de rest van de geluidsinstallatie.

Op de print zijn drie punten aangeduid met de letters L, M en H. Hier kunnen externe gelijkspanningen worden toegevoerd, die dan de lampen kunnen sturen. Gedacht kan bijvoorbeeld worden aan een schakeling die drie volledig willekeurige en langzaam variërende spanningen opwekt, die ieder één kanaal sturen. In plaats van het laten knipperen van de lampen op het ritme van muziek kan men dan, bij geschikte opstelling der lampen, een kleurenpalet creëren, dat een kalmerend en steeds variërend kleurenspel op de muur van een kamer projecteert. Op deze schakeling hopen wij nog nader terug te komen.

Denk er echter aan dat een eventueel zélf bedachte uitbreidingschakeling die op deze manier op het lichtorgel wordt aangesloten ook rechtstreeks met het net verbonden wordt en dus even levensgevaarlijk is als de print van het lichtorgel zélf!

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

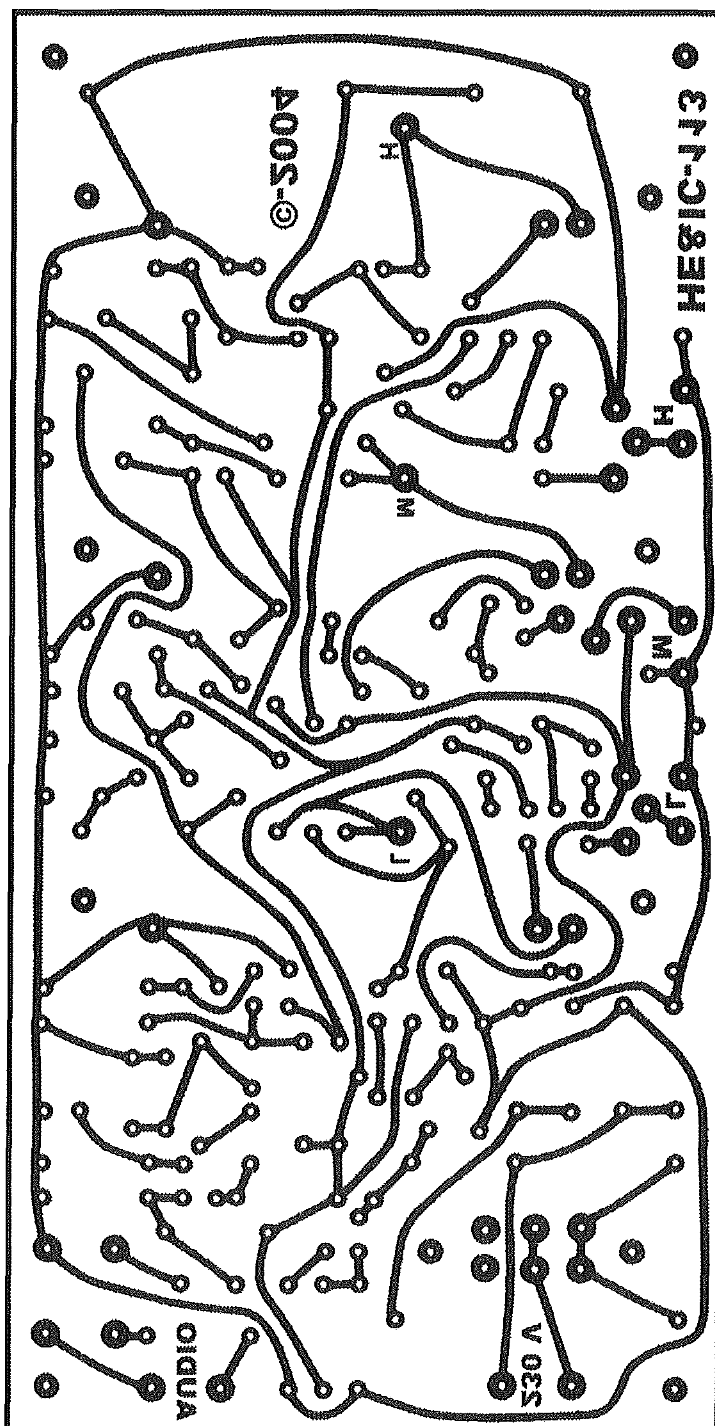
U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

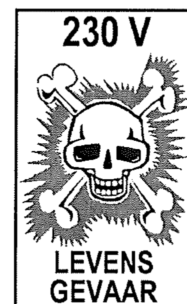


Figuur 4/15,25-7: De print voor het lichtorgel.

15.25 Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing

4/15.26

Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



Het principe van de schakeling

Het principe van een “lichtslang”, “running light”, “lichtpijl” of hoe de schakeling verder mag heten is zeer eenvoudig. Het basisidee is steeds dat een groot aantal lampjes op een rij wordt opgesteld, of rond een bepaald object verdeeld. Deze lampen worden dan door een schakeling zó gestuurd, dat het lijkt alsof er een lichtvlek met grote snelheid over de lampjes loopt.

In principe zou dit verschijnsel op te wekken zijn door alle lampjes een na een te ontsteken, door bijvoorbeeld een 100-standen schakelaar met een motor aan te drijven. Het nadeel van dit systeem is dat er een onoverzienbare hoop draden nodig is. Bovendien kan deze schakeling technisch uiteraard wel, maar praktisch zeer moeilijk elektronisch worden gemaakt.

Om deze moeilijkheden op te lossen verdeelt men de lampen in een aantal groepen. Alle lampen van éénzelfde groep worden gelijktijdig ontstoken. Nadien branden alle lampen van de volgende groep en zo verder. Op deze manier ontstaat als het ware een processie van lichtvlekjes, die over de lampjes voortbeweegt. Het aantal vlekjes is afhankelijk van het totaal aantal lampjes en van het aantal groepen. Natuurlijk is meestal ook de snelheid van de “vlek” instelbaar.

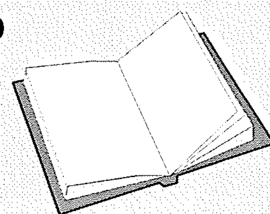
Een superieur ontwerp

In de meeste schakelingen maken de ontwerpers gebruik van drie groepen. In het in dit hoofdstuk voorgestelde superieure ontwerp worden vier groepen gestuurd. Dit aantal is elektronisch nog tamelijk eenvoudig te verwezenlijken en wekt het gewenste effect veel beter op dan de driekanaals soortgenoten. Dit wil dus zeggen dat het eerste, vijfde, negende, etc. lampje van de slang tot de éérste groep behoren. Een en ander is in figuur 4/15.26-1 voorgesteld.

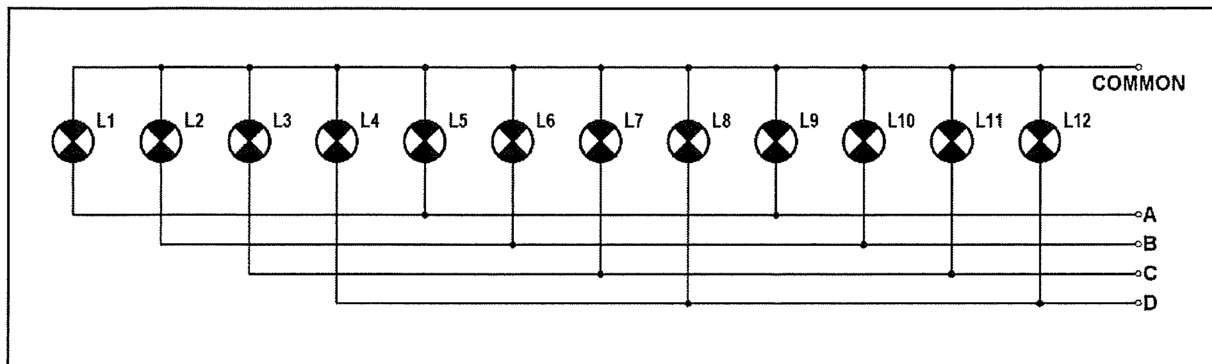
Ook op een ander belangrijk gebied is dit ontwerp superieur. In de meeste eenvoudige schakelingen worden de lampgroepen uiteraard via triac’s gestuurd. Maar deze schakelaars ontsteken op willekeurige momenten, zodat soms midden in de sinus van het net wordt ontstoken.

LEES OOK:

Hoofdstuk 4/9.5
Hoofdstuk 4/14.8
Hoofdstuk 4/15.5
Hoofdstuk 4/15.19



15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



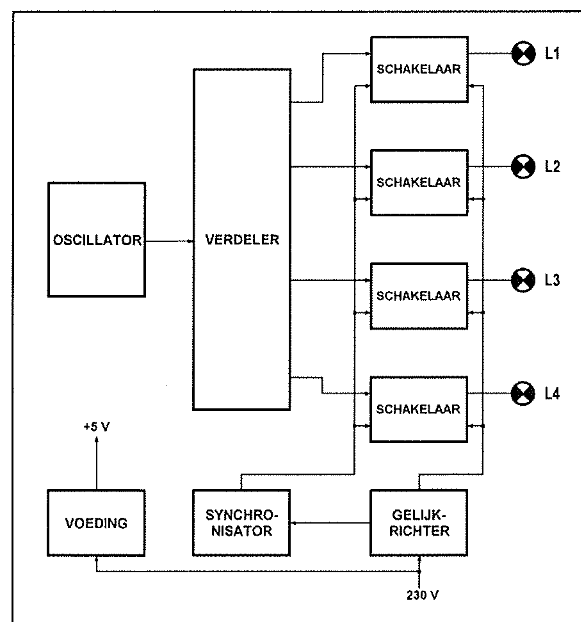
Figuur 4/15.26-1: De juiste groepenkeuze van de lampen in de lichtslang bij gebruik van vier groepen.

De schakeling wekt dan heel veel storende harmonischen op. Die moeten er via uitgebreide ontstoornetwerken weer uitgefilterd worden. In dit ontwerp wordt gebruik gemaakt van thyristoren, die via een kleine hulpschakeling alleen kunnen ontsteken op het moment dat de sinus van het net door de nul gaat. Het gevolg is dat er nooit stroomsprongen in de belastingen optreden en de schakeling niet stoort.

Het blokschema van de lichtslang

In figuur 4/15.26-2 is de filosofie van de schakeling weergegeven. Uiteraard worden de lampen gestuurd met halfgeleiderschakelaars. Men heeft de keuze tussen thyristoren en triac's. Zoals u weet kunnen de eerste alleen positieve spanningen verwerken, terwijl de tweede soort net zo graag negatieve spanningen schakelt. Logisch lijkt het dus dat triac's gebruikt worden. Om de reeds genoemde reden van de nuldoorgangsschakeling hebben de ontwerpers echter gekozen voor thyristoren.
Om tóch de volle netspanning aan de lampen te kunnen aanbieden, wordt een bruggelijkrichter tussengeschakeld. Dit is geen probleem, goedkope hoogvermogen dioden zijn te kust en te keur te koop.

Het schakelen van de lampen gebeurt op bevel van een oscillator. De frequentie van deze pulsopwekker is uiteraard regelbaar. De impulsen van deze schakeling worden aangeboden aan een verdeler.



Figuur 4/15.26-2: Het blokschema van de schakeling.

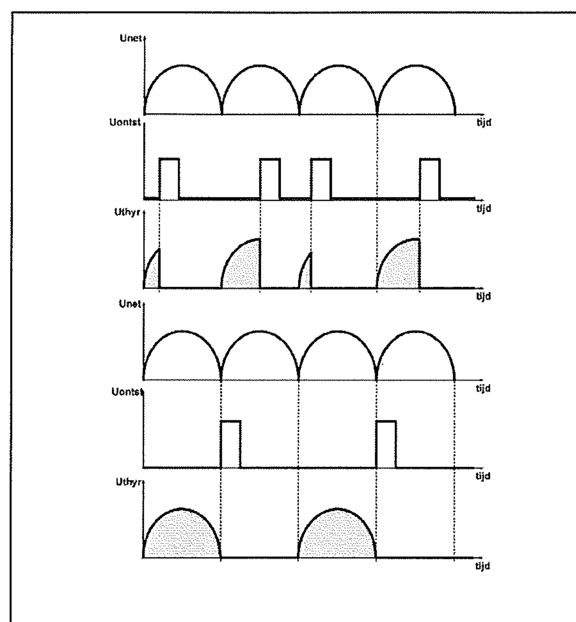
De taak van dit blok is de pulsen in de juiste volgorde aan de vier schakelaars aan te bieden. Wat functie betreft, is dit blok dus volledig analoog aan de bekende verdeler in de automotor. Oscillator

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking

en verdeler worden met TTL geïntegreerde schakelingen uitgevoerd. Dit heeft als consequentie dat een +5 V spanningsbron ingebouwd moet worden.
Het is in de praktijk onmogelijk gebleken om deze lage spanning rechtstreeks uit de 230 V netspanning af te leiden, tenminste als men allerlei dubieuze schakelingen links laat liggen. Daarom is gekozen voor de meest rechtlijnige oplossing die er bestaat: een voedingstrafo en een eenvoudige afvlakking.

Belangrijke opmerking
Ondanks de genoemde voedingstrafo is de volledige schakeling van deze lichtloper tóch rechtstreeks met het net verbonden en dus levensgevaarlijk. Wees zeer voorzichtig bij het eventueel experimenteren met de schakeling! Gebruik bij het experimenteren altijd een scheidingstrafo!

Storingsvrij schakelen
In deze tijd van toenemend milieubewustzijn moeten alle bronnen van vervuiling onschadelijk worden gemaakt. Het is bekend dat thyristoren fervente ethervervuilers zijn. In figuur 4/15.26-3 wordt de oorzaak verduidelijkt. V_{net} is de gelijkgerichte netspanning, die aan de thyristor wordt aangeboden. In de meeste gevallen zal de schakeling die de ontsteekpuls opwekt, niet gesynchroniseerd zijn met de netspanning. Dat wil zeggen dat de ontsteekpuls op ieder willekeurig tijdstip kan optreden. In de bovenste tekening ontstaat de ontsteekpuls op het ogenblik dat de netspanning een bepaalde willekeurige waarde bereikt heeft. Gevolg is dat de spanning over de thyristor plotseling wegvalt. De stroom door de thyristorbelasting gaat even plotseling op maximale sterkte lopen. Er ontstaan in de draden die de netspanning aanvoeren en de lampspanning afvoeren allerlei hoogfrequente trillingen. Deze storingen stralen uit in de ruimte, zodat tuners en televisietoestellen in de buurt gestoord worden.

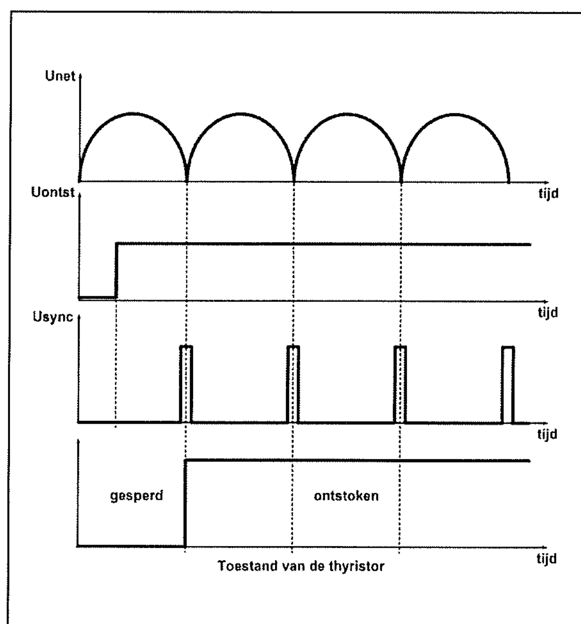


Figuur 4/15.26-3: In deze figuur wordt het verschil tussen asynchrone en synchrone ontsteking van een thyristor voorgesteld.

In de onderste figuur ontstaat de ontsteekpuls op het moment dat de netspanning door het nulpotentiaal gaat. Gevolg is dat bij het in geleiding komen van de thyristor geen spanningssprongen en dus eveneens geen stroomsprongen optreden.
Besluit is dat men de schakeling zo moet ontwerpen, dat de ontsteekpulsen ontstaan tijdens de nuldoorgang van de netspanning.
Een eerste methode is dat men de oscillator, die de ontsteekpulsen opwekt, synchroniseert met de netfrequentie. Dit is evenwel niet eenvoudig te verwezenlij-

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking

ken. Het probleem wordt nog groter als, zoals hier het geval is, de frequentie van de oscillator variabel moet zijn.
Een tweede, heel wat eenvoudiger methode, is dat men de oscillator vrijlopend uitvoert, maar de schakeling voorziet van een synchronisator. Deze zorgt ervoor dat de ontsteekpulsen de thyristor slechts dan ontsteken, als de netspanning door de nul gaat. In figuur 4/15.26-4 is dit principe getekend. De thyristor ontsteekt indien én een ontsteek- én een synchronisatiepuls aanwezig zijn.
De praktische realisatie van deze schakeling wordt in de volgende paragraaf besproken.

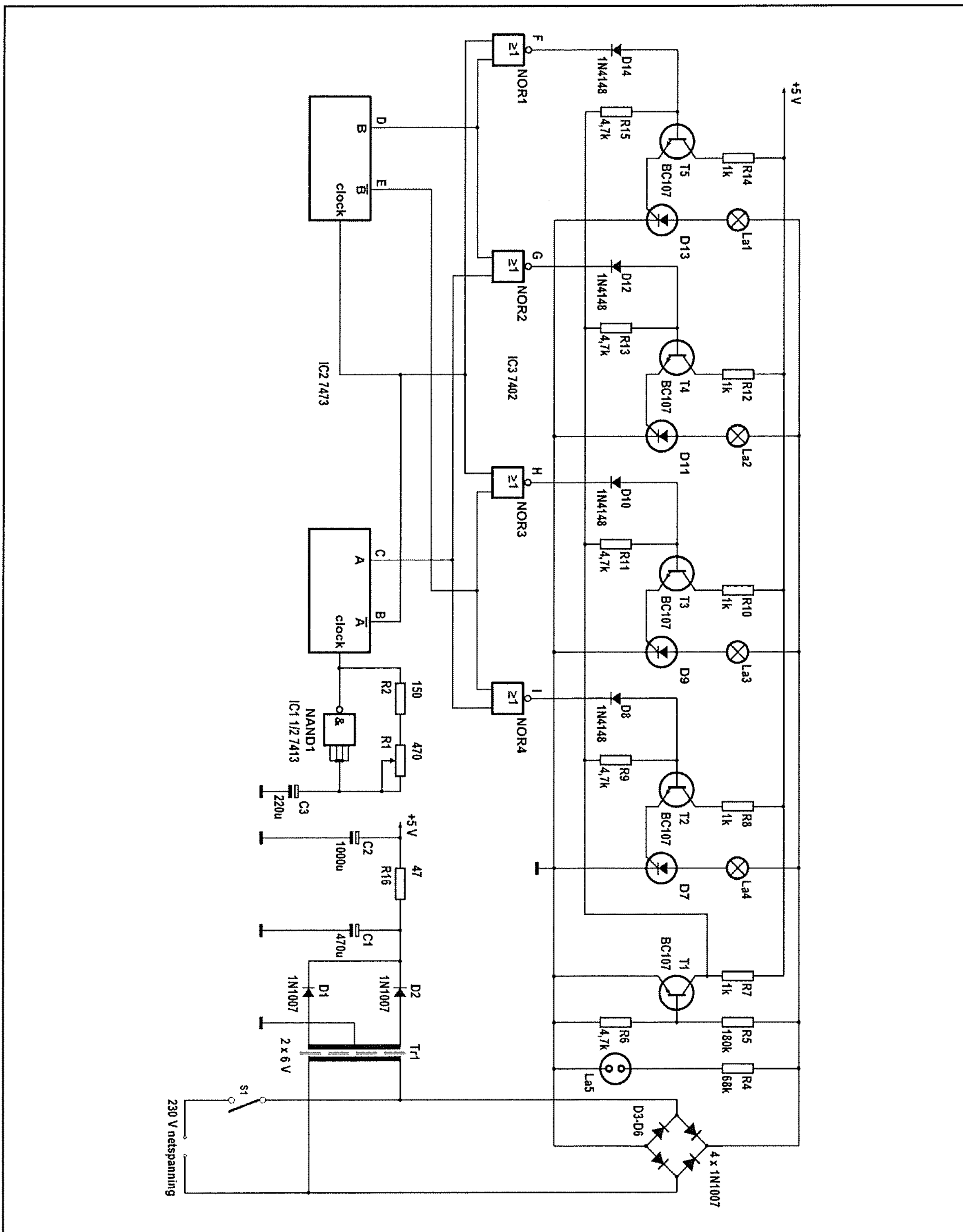


Figuur 4/15.26-4: Een eenvoudige methode om synchrone triggering te introduceren.

De praktische schakeling

Het volledig schema van de lichtslang treft u aan in figuur 4/15.26-5. De oscillator en de verdeler zijn, zoals reeds gezegd, uitgevoerd met TTL-IC's. Eén poort van de Schmitt-trigger NAND 7413 is geschakeld als astabiele multivibrator. De frequentie wordt bepaald door de waarde van de onderdelen R1, R2 en C3. Aan de uitgang van deze schakeling ontstaan mooie rechthoekpulsen. De frequentie is met de potentiometer R1 te variëren van ongeveer 2 Hz tot 15 Hz.
Deze pulstrein wordt aangeboden aan een vierdeler, opgebouwd uit twee flip-flop's. Aan de uitgangen van deze schakeling rond IC2, een 7473, ontstaan dus frequenties van respectievelijk de halve en een vierde basisfrequentie. Aan de inverse uitgangen ontstaan uiteraard de geïnverteerde signalen. Uit deze vier spanningsvormen worden in vier NOR-poorten vier elkaar opvolgende pulsen gebrouwen. Een en ander is grafisch voorgesteld in figuur 4/15.26-6. Ter verduidelijking van de tekening zij nog vermeld, dat de flip-flop's omklappen als de puls aan de clock-ingang van hoog naar laag gaat en dat de uitgang van een NOR-poort dan en alleen dan hoog is, als beide ingangen laag zijn. Uit de grafiek volgt duidelijk hoe de pulsen bij de uitgangen F, G, H en I elkaar opvolgen.
De schakeling rond transistor T1 is de synchronisator. De netspanning wordt gelijkgericht door een brug, opgebouwd uit de vier vermogensdioden D3 tot en met D6. Een deel van deze gelijkgerichte netspanning wordt via de weerstanden R5 en R6 aan de basis van deze transistor aangeboden. Gedurende het grootste gedeelte van de periode zal de halfgeleider geleiden, daar de basis gestuurd wordt uit de netspanning via R5. De collectorspanning is bijgevolg nul. Tijdens de nuldoorgang van de netspanning is de spanning over de gelijkrichter nul, de

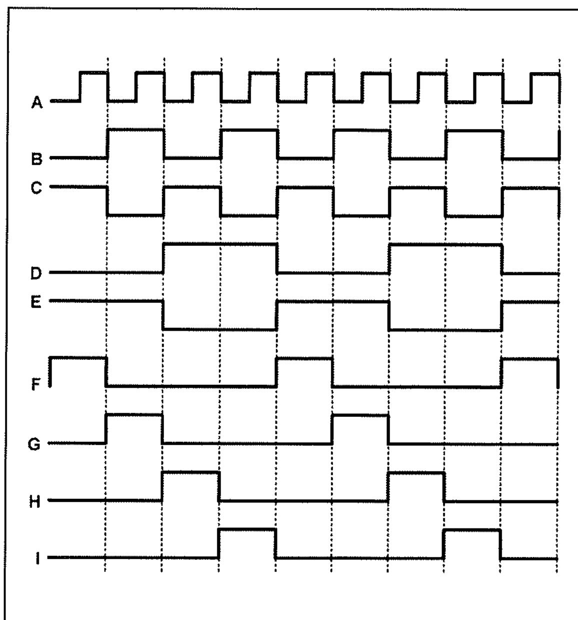
15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



Figuur 4/15.26-5: Het volledig schema van de lichtslang.

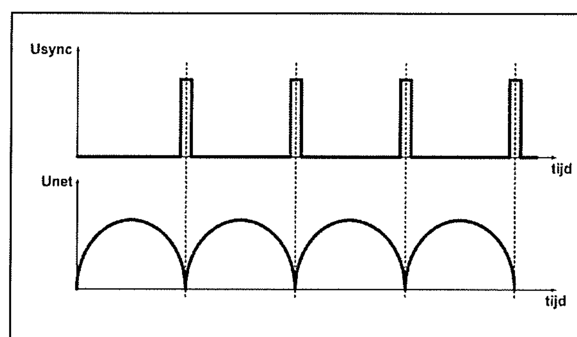
15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking

transistor wordt niet gestuurd en op de collector vindt u de voedingsspanning terug.

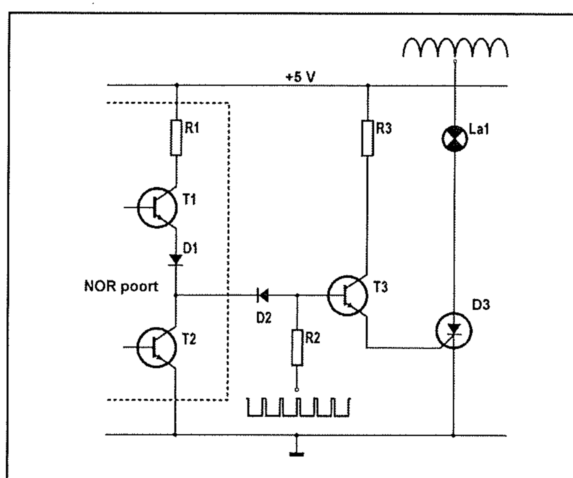


Figuur 4/15.26-6: Het timingdiagram, waaruit u de werking van de schakeling kunt afleiden.

U kunt dus besluiten dat, telkens als de netspanning van polariteit wisselt, op de collector een smalle positieve impuls ontstaat. Dit is weergegeven in figuur 4/15.26-7, waar de gelijkgerichte netspanning en de collectorspanning van transistor T1 in de juiste tijdsrelatie zijn getekend.
De netgesynchroniseerde pulsen worden via 4,7 kΩ weerstanden aan de basissen van de schakeltransistoren T2 tot en met T5 aangeboden. Iedere schakeltransistor stuurt een thyristor. Deze laatste halfgeleiderelementen bevelen het al of niet branden van de lampen uit de lichtslang. Iedere thyristor neemt een lampengroep voor zijn rekening.
De werking van deze schakelingen, die uiteraard identiek zijn, wordt besproken aan de hand van figuur 4/15.26-8. In deze figuur is de laatste trap van een NOR-poort getekend. Deze is opgebouwd uit de onderdelen R1, D1, T1 en T2. De transistor T3 stelt een van de schakeltransistoren voor uit het algemene schema en thyristor D3 een van de genoemde lampstuurelementen. Via de weerstand R2 worden de synchronisatiepulsen toegevoerd.



Figuur 4/15.26-7: De syncpulsen en de gelijkgerichte netspanning in de juiste tijdsrelatie.



Figuur 4/15.26-8: Deelschema van een groepsturing, waarmee de werking van de schakeling wordt verklaard.

Stel dat de uitgang van de NOR-poort laag is. Dit betekent dat de interne tran-

sistor T2 geleidt. De basis van T3 wordt via de diode D2 met de massa verbonden. Gevolg is dat de synchronisatie-impulsen via deze diode en transistor T2 afvloeien naar massa. Transistor T3 blijft gesperd.
U vraag zich misschien af dit sperren wel in alle omstandigheden gegarandeerd is. De lage uitgang van een TTL-IC is volgens de specificaties maximaal 0,4 V positief. Over de geleidende diode D2 valt ongeveer 0,7 V. De residu-amplitude van de pulsen op de basis van T3 bedraagt dus 1,1 V. In de "geleidingskring" staat de basis/emitter-overgang van T3 in serie met de gate/kathode-overgang van D3. Daar beide halfgeleiders uit silicium opgebouwd zijn, moeten beide overgangen een spanning van 0,7 V hebben wil er van geleiding sprake zijn. De residu-amplitude van de puls zou dus zeker 1,4 V moeten zijn, alvorens van een paracitaire ontsteking sprake kan zijn. Evenwel is bewezen, dat deze amplitude maximaal 1,1 V kan zijn. Aan de voorwaarden voor een "worst case design" is dus voldaan.
Wat gebeurt er als de NOR-poort, gedwongen door de gebeurtenissen aan zijn ingangen, een hoge uitgang levert? Gevolg is dat transistor T2 gaat sperren en transistor T1 geleiden. De uitgang wordt bijgevolg met de voedingsspanning verbonden. De kathode van diode D2 wordt positief, zodat dit onderdeel de synchronisatie-pulsen ongemoeid laat. Deze laatste vloeien nu via T3 en D3 naar massa af. Transistor T3 gaat geleiden, de gate van de thyristor wordt via weerstand R3 met de voedingsspanning verbonden. Er vloeit een flinke stroom in de gate van de stuurbare diode, die bijgevolg ontsteekt. De lampengroep La1 wordt met massa verbonden. De lampen gaan branden, zij worden immers gevoed uit de gelijkgerichte netspanning.
Uiteraard vloeit er maar zo lang stroom in de gate als de sync-puls duurt. Transistor T3 spert na afloop van deze puls weer. Zoals u weet, hoeft men niet continu stroom te sturen in de gate van een thyristor. Eens ontstoken, blijft ontstoken, tot de anodespanning nul wordt. Dit gebeurt na een halve netspanningsperiode. Gelukkig verschijnt op dat ogenblik opnieuw een synchronisatiepuls, zodat de thyristor weer ontsteekt. Deze situatie blijft bestaan, tot de uitgang van de NOR-poort laag wordt en de sync-pulsen afvloeien naar massa via de poort.
Samenvattend kan gesteld worden, dat de geschetste situatie voldoet aan de in figuur 4/15.26-4 getekende toestand.
Transistor T3 geleidt alleen als de uitgang van de poort hoog is en als een sync-puls aanwezig is. De thyristoren ontsteken dus steeds gedurende de nuldoorgang van de netspanning. Er treden geen plotselinge stroomstoten in de belasting op, u hoeft niet bang te zijn voor netstoringen.
De +5 V voedingsspanning wordt op de klassieke manier opgewekt. Er is afgezien van een stabilisatie. De juiste waarde van 5 V wordt verkregen door voorschakeling van een weerstand R16. Als trafo wordt een klein 2 x 6 V type gebruikt.
Weerstand R 4 en La5, tenslotte, vormen een AAN/UIT-indicatie.

De praktische opbouw
Het printje voor de lichtslang, voorgesteld in figuur 4/15.26-9 op de laatste pagina van dit hoofdstuk, is zo ontworpen dat alle onderdelen er een plaatsje op vinden. Bovendien zijn de afmetingen van de print aangepast aan de maten van

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R2	150 Ω
R4	68 kΩ
R5	180 kΩ
R6,R9,R11,R13,R15	4,7 kΩ
R7,R8,R10,R12,R14	1 kΩ
R16	47 Ω

DRAAIPOTENTIOMETER, LIN, MONO

R1	470 Ω

CONDENSATOREN

C1	470 µF	16 V axiale elco
C2	1.000 µF	6 V axiale elco
C3	220 µF	6 V axiale elco

HALFGELEIDERS

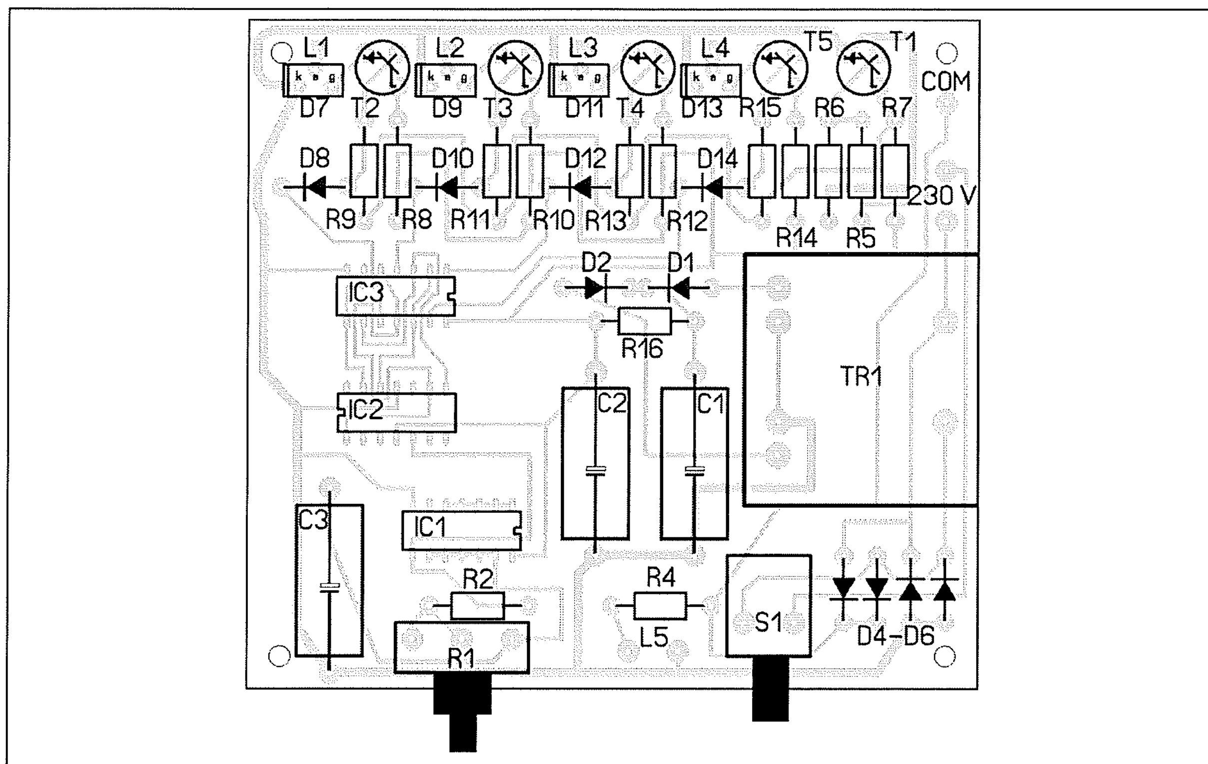
D1-D6	1N4007
D7,D9,D11,D13	thyristor, 450 V, 4 A
D8,D10,D12,D14	1N4148
T1-T5	BC107
IC1	7413
IC2	7473
IC3	7402

DIVERSEN

La1	neonlampje
T1	Amroh P254 printtrafo
S1	AAN/UIT tuimelschakelaar
1	Teko CH/2 behuizing
7	printsoldeerlipje

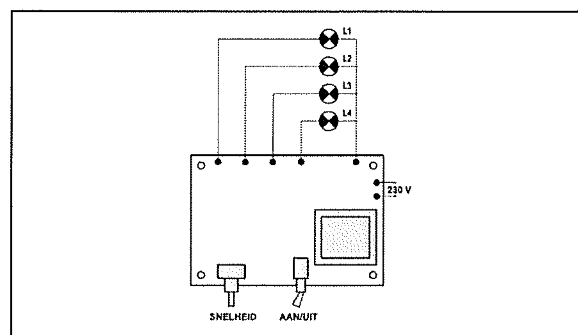
het Teko kastje model CH/2. Een probleemloze inbouw in een klein, modern kastje is dus mogelijk.
In figuur 4/15.26-10 is de componentenopstelling getekend. Een paar opmerkingen zijn hier misschien op hun plaats. Als trafo is in het prototype een PRO-VA printtrafo toegepast. Het typenummer van dit onderdeel is 6658-3W. Deze trafo heeft secundair spanningen van 6 V, 9 V en 12 V. De 12 V wikkeling wordt als 2 x 6 V ingezet. De maximaal te leveren stroom bedraagt 250 mA. Vóór de montage op de print worden de twee plastic bevestigingsbeugeltjes aan de zijkanten van de trafo weggevijld. In de gaatjes van potentiometer en schakelaar worden vijf soldeerlipjes gesoldeerd. Nadien worden beide bedieningselementen op of tegen deze lipjes gesoldeerd. Daarbij moet er op gelet worden dat het middelpunt van de beide schroefdraden op gelijke hoogte boven de print zit. Bovendien moeten de beide schroefdraden ongeveer evenveel buiten de rand van de print uitsteken. Als schakelaar wordt een enkelpolige AAN/UIT-tuimelschakelaar, groot model, gebruikt. Het is aan te bevelen voor de potentiometer een type met plastic as te gebruiken.

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



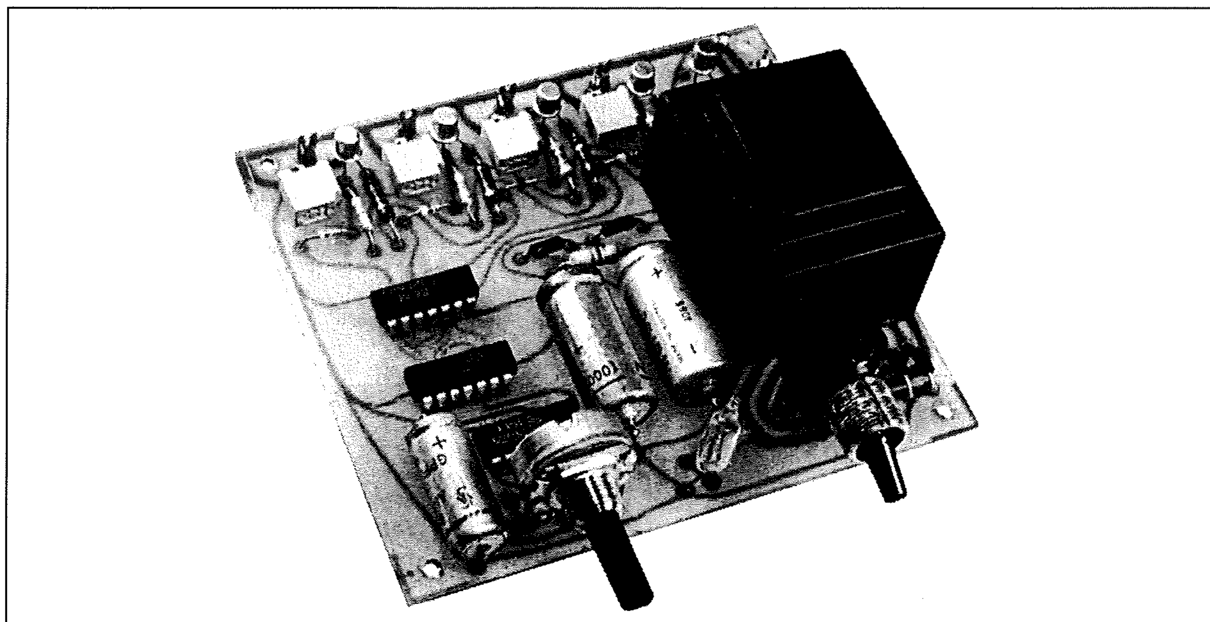
Figuur 4/15.26-10: De componentenopstelling van het lichtorgel.

In schakelingen, die rechtstreeks met het net verbonden zijn, geeft dit steeds een veilig gevoel.
Het voordeel van dergelijke "all-in" print is dat de schakeling vóór inbouw in een kastje volledig kan getest worden, zonder dat er allerlei ingewikkelde bedradingstoestanden bij te pas komen. Vier lampjes en het net worden aan de print aangesloten, zoals in figuur 4/15.26-11 is getekend. ***Denk er bij eventueel experimenteren wel aan dat de schakeling, ondanks de voedingstrafo, rechtstreeks met het net verbonden is!*** Ook zonder een dure scheidingstrafo is een "veilige" methode te ontwikkelen, om bij experimenten met dergelijke schakelingen niet voor lijf en leden te moeten vrezen. Het enige dat u nodig heeft zijn twee gelijke voedingstrafo's. Deze onderdelen worden geschakeld zoals in figuur 4/15.26-12 is aangegeven. Het is duidelijk dat een dubbele scheiding van het net verkregen wordt. Uiteraard kan nu de lichtslang niet meer met vier hoogvermogenlampen getest worden. Het vermogen van de lampen moet aangepast worden aan het vermogen van de trafo's. Maar dat maakt natuurlijk niets uit voor de test.

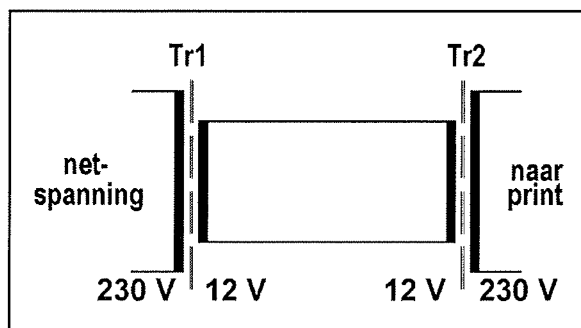


Figuur 4/15.26-11: De externe bedrading van de print is tot het uiterste beperkt.

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



Figuur 4/15.26-13: Het prototype van de lichtloper.



Figuur 4/15.26-12: Een eenvoudige en goedkope manier om een scheidingstrafo te imiteren: gebruik twee identieke trafo's!

Eindmontage

In figuur 4/15.26-13 is een impressie van de compleet gemonteerde print gegeven. Als blijkt dat het printje doet wat er van verlangd wordt, kan de schakeling in een TEKO CH/2 kastje ingebouwd worden. In het front komen drie gaten voor respectievelijk de potentiometer, het indicatie neonlampje en de netschakelaar. Aan de achterzijde komen vier netentrees en een gat voor de nettoevoer.

Het printje wordt door middel van vier boutjes op de bodem bevestigd. Om iedere kans op kortsluiting te voorkomen moet het printje met plastic afstandsbusjes op de bodem geschroefd worden.

De lichteffecten

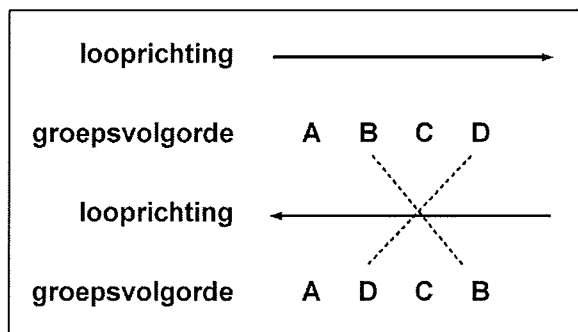
De lichtslang kan opgebouwd worden uit zoveel lampjes als u maar wilt. U kunt bijvoorbeeld vier 230 V kerstboomslingers gebruiken, die zo in elkaar gevlochten worden dat de lampjes in de juiste volgorde voorkomen. Met de gebruikte onderdelen kan een vermogen van vier maal 220 W gestuurd worden. Wilt u meer, dan volstaat het de vier 1N4007 dioden door zwaardere typen te vervangen.

Epiloog

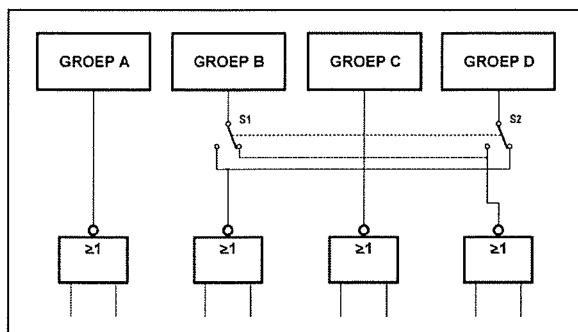
Zuiver elektronisch bekeken is de lichtslang zeer eenvoudig van opzet. De vraag rijst dan ook of er niet meer uit dit lichtslang idee te halen is. Bovendien kan opgemerkt worden dat van het IC 7413

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking

slechts de helft gebruikt wordt. In deze paragraaf geven wij een paar uitbreidingsmogelijkheden die wel in het lab getest zijn, maar waarvoor geen print ontworpen is.
Gedacht werd aan een mogelijkheid om de looprichting van het lichteffect door middel van een schakelaar te variëren. In figuur 4/15.26-14 zijn de nodige veranderingen grafisch uitgebeeld. Het blijkt dat het volstaat de groepen B en D om te wisselen. In figuur 4/15.26-15 is aangegeven hoe dit heel eenvoudig door middel van een dubbelpolige omschakelaar kan. Het volstaat de verbindingen tussen de NOR-poorten en de lampstuurschakelingen te onderbreken.



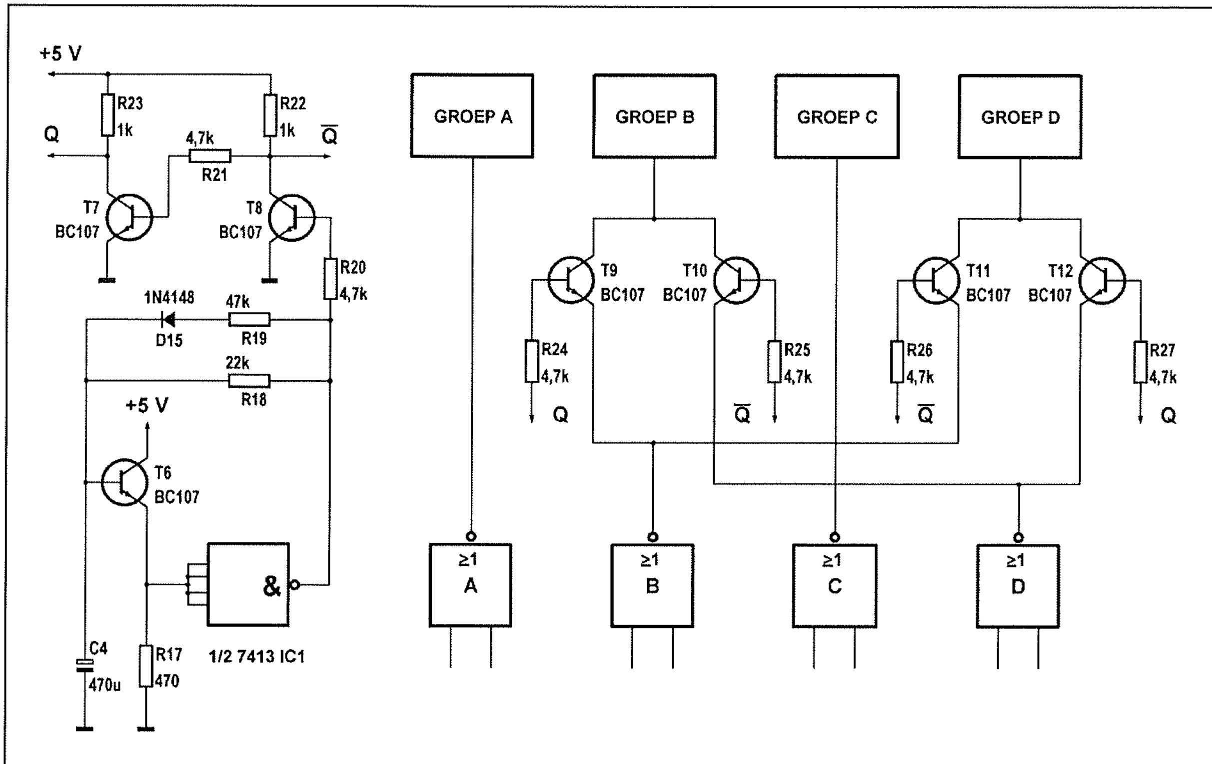
Figuur 4/15.26-14: De richting van het loopeffect wordt bepaald door de plaats van de groepen B en D.



Figuur 4/15.26-15: De vertaling van figuur 4/15.26-14, men handmatige omschakeling van de looprichting.

Veel leuker is als dit omschakelen van looprichting automatisch gaat. U kunt denken aan een opstelling waarbij om de vijf seconden van looprichting wordt veranderd. Figuur 4/15.26-16 geeft de nodige veranderingen en uitbreidingen. Het is duidelijk dat de functie van de handbediende schakelaar van figuur 4/15.26-15 nu op een of andere manier elektronisch moet worden uitgevoerd. Er is dus een oscillator nodig, die om de vijf seconden een puls afgeeft en er zijn twee elektronische schakelaars nodig.
De oscillator wordt opgebouwd uit de tweede schmitt-trigger poort van de 7413. Omdat in de gebruikelijke schakeling zeer grote condensatoren nodig zouden zijn voor het opwekken van de lage frequentie, is gekozen voor de oplossing met emittervolger. Transistor T6 neemt deze taak op zich. Weerstand R19 en diode D15 zorgen voor een symmetrische uitgangspuls.
Het signaal aan de uitgang van de poort moet omgevormd worden tot een flinke rechthoek. Bovendien is eveneens het inverse signaal nodig. De transistoren T7 en T8 leveren op hun collectors de gevraagde spanningen af.
De elektronische schakelaars vergen elk twee transistoren en twee weerstanden. Stel dat uitgang Q laag is en uitgang $\overline{Q}$ uiteraard hoog. Gevolg is dat de transistoren T9 en T12 sperren, de basissen krijgen geen sturing. De transistoren T10 en T11 geleiden wél als hun emitters met massa verbonden zijn. In normale omstandigheden is dit inderdaad het geval. De uitgangen van de poorten B en D zijn immers laag. De synchronisatie-pulsen worden via de geleidende transistoren en de lage poortuitgangen naar massa afgevoerd, zodat de lampstuurschakelingen B en D niet werken.

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



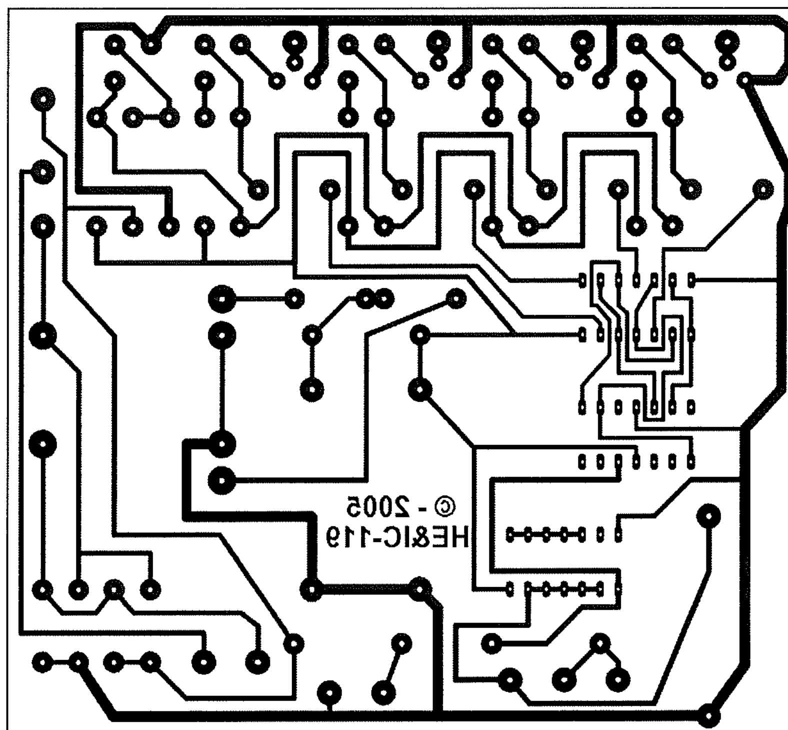
Figuur 4/15.26-16: Het automatisch omschakelen van de looprichting.

U weet dat de uitgangen van de vier poorten achtereenvolgens hoog worden. Als de uitgang van poort A hoog wordt, zal groep A gestuurd worden. Nadien wordt poort B hoog. De emitters van de transistoren T9 en T11 worden hoog, wat als gevolg heeft dat deze halfgeleiders sperren. Eerder was al geconstateerd dat transistor T12 eveneens spert. Gevolg is dat de syncpulsen, die de stuurgroep D bereiken, niet kunnen afvloeien, zodat deze groep gaat branden. De geleidende transistor T10 houdt groep B gedoofd.

Vervolgens wordt de uitgang van poort C hoog. Groep C gaat branden. Nadien is het de beurt aan poort D. Met dezelfde redenering als voordien toegepast, kan nu bewezen worden dat de lampen van groep B gaan branden en groep D gedoofd blijft.

Besluit is dat de looprichting A-D-C-B is. Als na vijf seconden de oscillator omslaat en uitgang Q hoog wordt en bijgevolg $\overline{Q}$ laag, kan op dezelfde manier bewezen worden dat de looprichting nu A-B-C-D is. Aan het automatisch omschakelen van de looprichting is dus voldaan.

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking



Figuur 4/15.26-9: De print voor het vierkanaals looplicht.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie "Printservice". In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

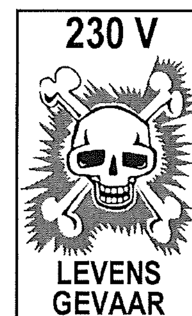
OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

15.26 Vierkanaals lichtslang met netsynchrone ontsteking

4/15.27

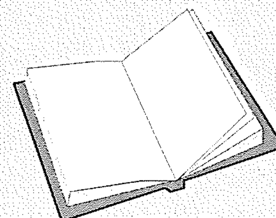
Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25



Inleiding
Het in hoofdstuk 4/15.25 beschreven "Driekanaals lichtorgel met proportionele besturing" heeft op de print drie uitbreidingspennetjes L, M en H, waarop u externe stuurspanningen kunt aansluiten. In de epiloog van dit hoofdstuk werd gesteld dat er een uitbreidingsschakeling op komst was waarmee u het lichtorgel kunt sturen met drie langzaam en willekeurig variërende gelijkspanningen. Met zo'n uitbreiding kunt u het lichtorgel omvormen tot een lichtfluctuator, een apparaat dat de drie lampen een steeds variërend en nooit vervelend kleurenspel laat genereren. Als u de drie kanalen van het lichtorgel aansluit op een aantal PAR-spot's met kleurenfilters kunt u op deze manier een steeds wisselend kleurenspel op een muur op in een etalage projecteren.

Het principe van de schakeling
Het principe van de schakeling is duidelijk. De schakeling wekt drie volledig willekeurig langzaam variërende spanningen op. Iedere spanning stuurt één kanaal van het lichtorgel. Dit apparaat stuurt op zijn beurt drie gekleurde lampen, bij voorkeur rood, geel en blauw. De lampen worden gericht op bijvoorbeeld een witte muur. Omdat de intensiteit van de lampen willekeurig en volledig onafhankelijk van elkaar varieert, ontstaan door kleurmenging de vreemdste kleurcombinaties en opeenvolgingen.
Het is duidelijk dat het principe van de schakeling valt of staat met de mate van "willekeur" van de drie stuurspanningen. Nu is de elektronica, net zoals alle technieken, zeer dogmatisch. Er bestaan een paar ijzersterke natuurwetten, waar de gehele elektronentechniek aan voldoet en waar niet mee valt te sollen. Dat elektronisch iets volstrekt willekeurig of met andere woorden iets wetteloos zou kunnen opgewekt worden, is niet in te zien.
Zelfs ruis, ontstaan uit onvoorspelbare bewegingen van vrije elektronen in de materie, voldoet nog steeds aan strenge statistische wetten. De enige methode om willekeurige spanningen op te wek-

LEES OOK:
Hoofdstuk 3/6.10
Hoofdstuk 3/8.2.9
Hoofdstuk 4/15.25

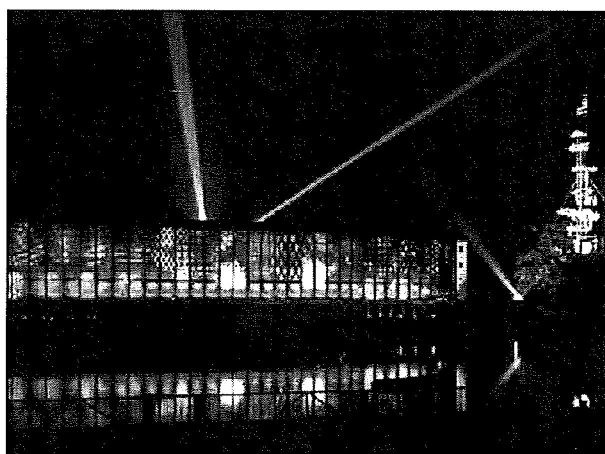


15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

ken is elektronische schakelingen te laten reageren op uitwendige invloeden, zoals het weer of kosmische straling.

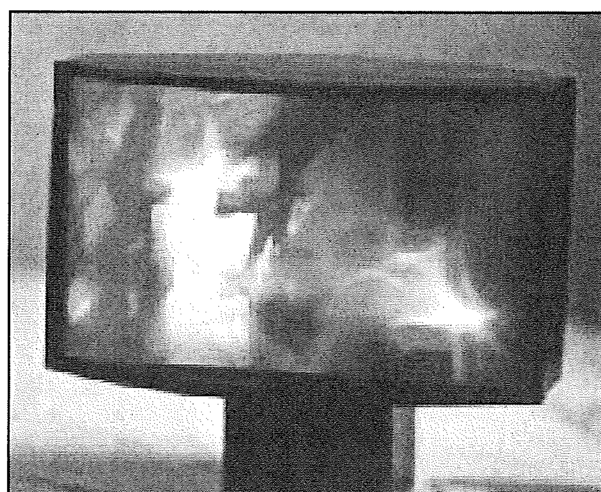
Luminodynamische kunst

In het kader van een beschouwende paragraaf is het misschien interessant er op te wijzen dat ook de moderne kunst door dit verschijnsel gefascineerd is. Vele avant-garde kunstenaars hebben geprobeerd de techniek uit het keurslijf van natuurkundige wetten te bevrijden. Dit heeft geresulteerd in enige nieuwe -ismes, zoals spatiodynamische, metamechanische en lumino-dynamische kunst. Een van de bekendste voorbeelden is wel de "Cybernetische toren" van de Franse Hongaar Nicolas Schöffer bij het Congrespaleis te Luik. Dit in figuur 4/15.27-1 voorgestelde monumentaal kunstwerk reageert door middel van een door Philips ontwikkelde computer op regen, temperatuur en lichtfluctuaties.



Figuur 4/15.27-1: De "Cybernetische toren" van Nicolaas Schöffer.

Deze kunstenaar is ook de inspiratiebron van de in dit hoofdstuk beschreven lichtfluctuator. Schöffer heeft ooit een soortgelijk apparaat ontworpen, dat door Philips onder de naam "Lumino" in een oplage van 1.500 stuks op de markt werd gebracht. Het schijnt dat deze oplage grif verkocht werd. Deze "Lumino" zag er uit als een kleuren-TV, maar een aantal ingebouwde lampen projecteerde een steeds afwisselend kleurenspel op het scherm, zie figuur 4/15.27-2.



Figuur 4/15.27-2: De "Lumino" van Schöffer ligt aan de basis van deze schakeling.

Terug naar de schakeling!

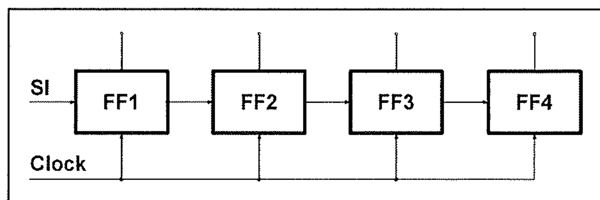
Het zal duidelijk zijn dat elektronische schakelingen, reagerend op uitwendige invloeden duur en uitgebreid zijn. Bovendien zouden de opgewekte spanningen veel te langzaam variëren. Gelukkig biedt de digitale techniek een weliswaar onvolmaakt, maar goed bruikbaar vervangingsmiddel: de "pseudo-random noise generator" PRNG.

Peudo-random noise generator PRNG

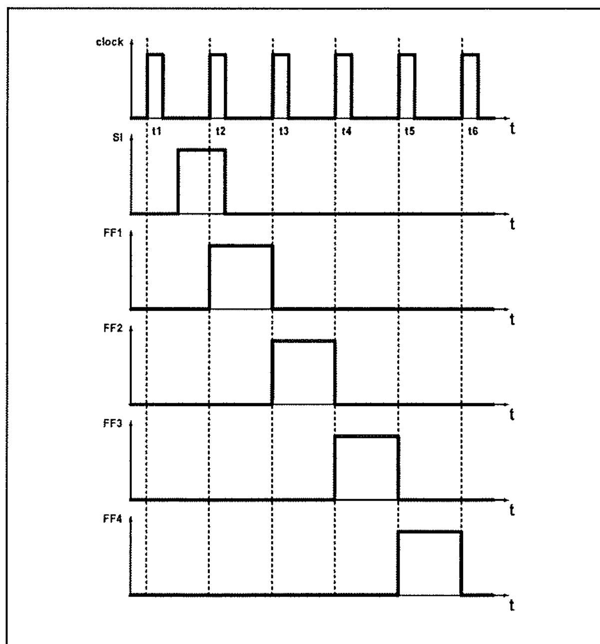
Het hart van deze schakeling wordt gevormd door een schuifregister. Een schuifregister is opgebouwd uit een aantal in serie geschakelde flip-flop's. In figuur 4/15.27-3 wordt het schuifregister in zijn eenvoudigste vorm voorgesteld.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

Een ingangssignaal wordt via de serial input SI aangeboden aan de eerste flip-flop. De uitgang van iedere flip-flop is doorverbonden met de ingang van de volgende. Alle bistabiele elementen worden gestuurd door een clock-puls. In figuur 4/15.27-4 wordt de werking van de schakeling verklaard.



Figuur 4/15.27-3: De eenvoudigste vorm van een schuifregister bestaat uit een aantal in serie geschakelde flip-flop's die met één clock-puls worden gestuurd.

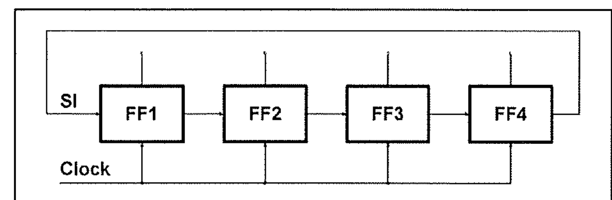


Figuur 4/15.27-4: Uit dit pulsendiagram blijkt duidelijk dat de naam "schuifregister" niet ijdel wordt gebruikt.

Een flip-flop neemt de informatie van de voorgaande schakeling over bij de positieve flank van het clock-signaal. Op tijdstip t1 zijn alle FF-uitgangen nul, evenals de serial input SI. De toestand van het schuifregister blijft dus ongewijzigd. Bij de tweede clock-puls is SI "H". De uitgang van de eerste FF wordt dus, op commando van de clock, eveneens "H". Deze hoge informatie loopt op het ritme van de clock door de hele schakeling. Na vijf clock-pulsen keert de schakeling terug in de ruststand.

De volgende stap op weg naar de PRNG is de teruggekoppelde schuifschakeling. Deze is in figuur 4/15.27-5 getekend. In figuur 4/15.27-6 vindt u het pulsendiagram terug. Het zal duidelijk zijn dat door de terugkoppeling van de uitgang van de laatste FF naar de Serial Input, een eenmaal in de schakeling geïntroduceerde puls blijft rondlopen. Aan de uitgangen van het shift-register ontstaat een pulstrein. De herhalingsfrequentie is afhankelijk van het aantal gebruikte FF's.

Besluit is dat een rechtstreekse terugkoppeling een periodiek optredende puls aan de uitgangen tot gevolg heeft.

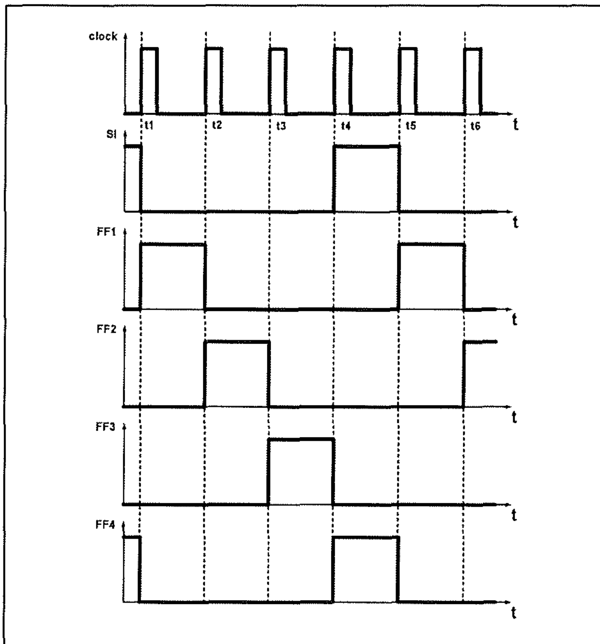


Figuur 4/15.27-5: Door een rechtstreekse terugkoppeling van de uitgang naar de SI kan het schuifregister het zonder uitwendige stuurpuls stellen.

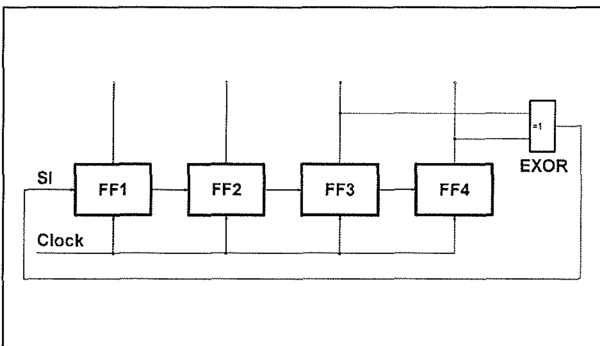
Vervanging van de rechtstreekse terugkoppeling door een exclusive-OR feedback vormt het ordinaire schuifregister om in de gewenste pseudo-random generator. Het basisschema is getekend in

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

figuur 4/15.27-7. De werking wordt besproken aan de hand van de grafieken van figuur 4/15.27-8.

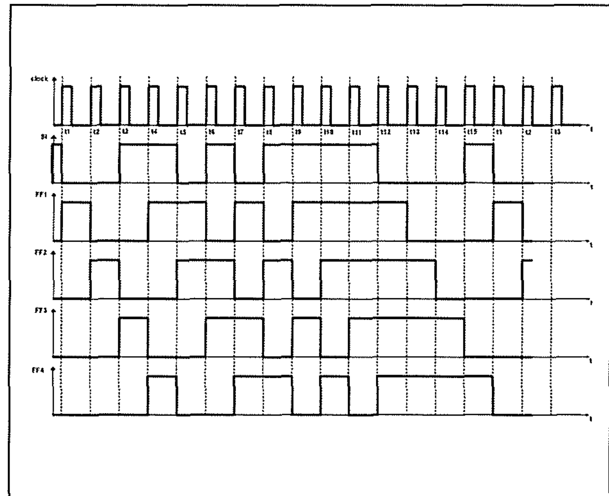


Figuur 4/15.27-6: De werking van de schakeling van figuur 4/15.27-5 grafisch toegelicht.

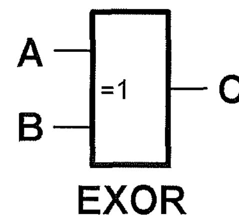


Figuur 4/15.27-7: Door de introductie van een EXOR in de terugkoppeling wordt de regelmaat van het register verstoort.

De ingangen van de exclusive-OR poort wordt aangesloten aan de uitgangen van de twee laatste flip-flop's. De uitgang van de poort stuurt de Serial Input. Zoals u weet is de uitgang van een EXOR "L" als beide ingangen hetzelfde logische niveau hebben. In figuur 4/15.27-9 hebben wij de waarheidstabel van de poort getekend.



Figuur 4/15.27-8: De werking van de schakeling van figuur 4/15.27-7 grafisch voorgesteld.



A	B	C
L	L	L
H	L	H
L	H	H
H	H	L

Figuur 4/15.27-9: De waarheidstabel van een EXOR.

Stel dat vóór tijdstip t1 alle uitgangen van de FF's "L" zijn en dat de SI "H" is. Later zal blijken dat deze situatie zich niet kan voordoen, het beredeneren van de schakeling wordt evenwel vereenvoudigd door deze starttoestand aan te ne-

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

men. Op t = t1 wordt FF1 "H". De volgende clock-puls maakt FF1 weer "L" en FF2 "H". Bij t = t3 wordt FF1 =FF2 = "L" en FF3 = "H". Op dit ogenblik nemen de ingangen van de poort een tegengesteld logisch niveau aan, zodat de uitgang van de poort en dus eveneens de Serial Input "H" wordt.
Bij de volgende clock-puls wordt de uitgang van de eerste flip-flop dus weer "H". Bovendien blijft de SI "H", de poort heeft immers nog steeds twee verschillende niveaus op haar ingangen.
Aan de hand van figuur 4/15.27-8 kunt u concluderen dat niet alleen de cycluslengte veel groter wordt (15 clockpulsen), maar dat eveneens aan de uitgangen van de flip-flop's een opeenvolging van korte en lange impulsen ontstaat. Bovendien is de tijdsduur tussen de impulsen niet constant. Er is een bepaalde minimale mate van willekeur ingevoerd.
Natuurlijk zijn wij met deze schakeling nog ver verwijderd van een als willekeurig te betitelen spanning. Als rechtgeaarde hobbyist voelt u echter aan dat, als u het aantal flip-flop's in de keten laat toenemen, zowel de cycluslengte als de verscheidenheid aan pulsen zal toenemen.
In de tabel van figuur 4/15.27-10 is een overzicht gegeven van de cycluslengten bij een bepaald aantal gebruikte flip-flop's. Tevens is aangegeven aan welke FF-uitgangen de ingangen van de poort moeten worden aangesloten. Het enige besluit uit deze tabel is dat de cycluslengte zeer explosief toeneemt. Neemt u bijvoorbeeld 15 flip-flop's in de keten op en gebruikt u een clock met een frequentie van 1 Hz, dan duurt het exact berekend 9 uur, 6 minuten en 7 seconden, alvorens de schakeling één periode doorlopen heeft! Gedurende deze periodetijd kan aan een uitgang de meest vreemde pulsopvolging ontstaan. Een puls met een breedte van enige seconden kan na korte tijd opgevolgd worden door een puls die enige minuten duurt. Nadien kan de uitgang weer enige minuten "L" blijven, om dan weer een kort salvo van enige pulsen op te wekken, enz.

AANTAL FLIP-FLOP'S	FF-UITGANGEN NAAR POORT	CYCLUS-LENGTE
4	3 - 4	15
5	3 - 5	31
6	5 - 6	63
7	6 - 7	127
9	5 - 9	511
10	7 - 10	1.023
11	9 - 11	2.047
15	14 - 15	32.767
17	14 - 17	131.071
18	11 - 18	262.143
20	17 - 20	1.048.575

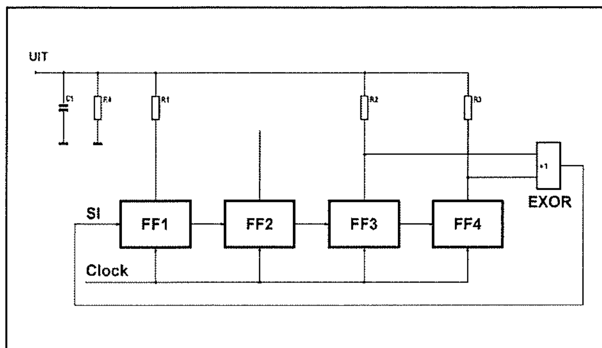
Figuur 4/15.27-10: Als er meer flip-flop's in de keten worden opgenomen neemt de cycluslengte onvoorstelbaar snel toe.

Van digitaal naar analoog

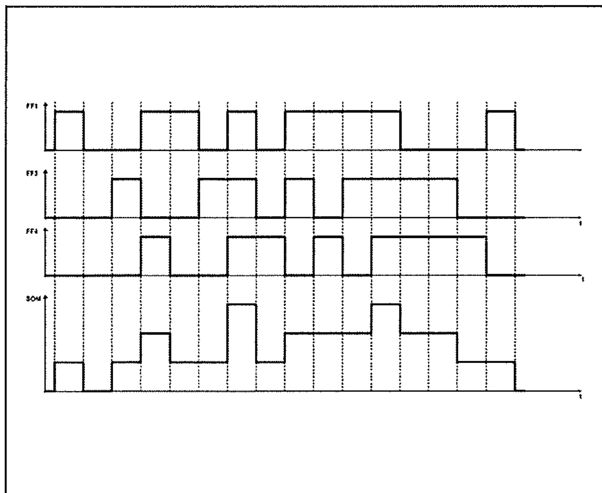
Wij hebben nu een kleine PRNG gemaakt, maar die schakeling werkt uiteraard digitaal. Voor het aansturen van ons proportioneel lichtorgel hebben wij echter langzaam variërende gelijkspanningen nodig. De laatste fase in de opbouw van een "willekeurige" spanning wordt verklaard aan de hand van de figuren 4/15.27-11 en -12. Het basisschema van de PRNG is uitgebreid met een resistieve menger. De uitgangen van de eerste, derde en vierde flip-flop worden door

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

drie gelijke weerstanden R1, R2 en R3 gemengd over de sommatieweerstand R4.



Figuur 4/15.27-11: Vier weerstanden vormen de digitale uitgangen van het schuifregister om in analoge spanningen.

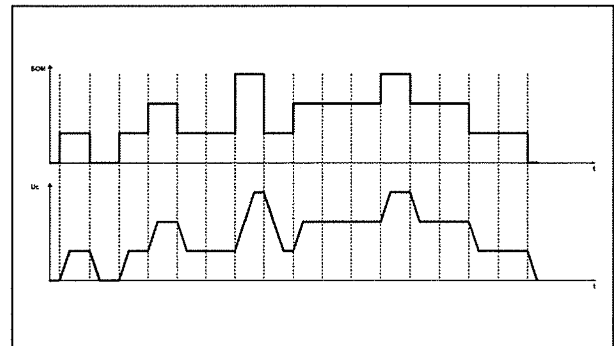


Figuur 4/15.27-12: De uitgangsspanning van de schakeling van figuur 4/15.27-11 is proportioneel met de som van de register uitgangen.

De werking is zeer eenvoudig. Als alle uitgangen "L" zijn, is de spanning over R4 nul. Wordt bijvoorbeeld FF1 "H", dan vloeit er door de kring R1 - R4 een bepaalde stroom I1. Over R4 ontstaat een spanning V. Als twee van de drie uitgangen "H" worden, dan vloeit er door de sommatieweerstand een stroom I2 = 2 x I1. De spanning over R4 wordt bijgevolg 2*V. Als alle uitgangen "H" zijn, wordt de uitgangsspanning 3*V.

Wat er gebeurt als over weerstand R4 een condensator wordt geplaatst, leert figuur 4/15.27-13. De scherpe sprongen in de uitgangsspanning worden afgerond en er ontstaat over R4 een grillige analoge spanningsvorm.

Uiteraard zal deze spanning grilliger worden, als het aantal flip-flop's toeneemt en als meer en verspreider gelegen uitgangen worden gemengd. In het praktisch schema worden 15 FF's gebruikt. Door telkens vijf verschillende uitgangen te mengen, ontstaan drie willekeurige spanningen. Door bovendien de waarde van de afvlakcondensator C en de frequentie van de clock variabel te maken, kunnen de uitgangsspanningen nog verder worden beïnvloed.

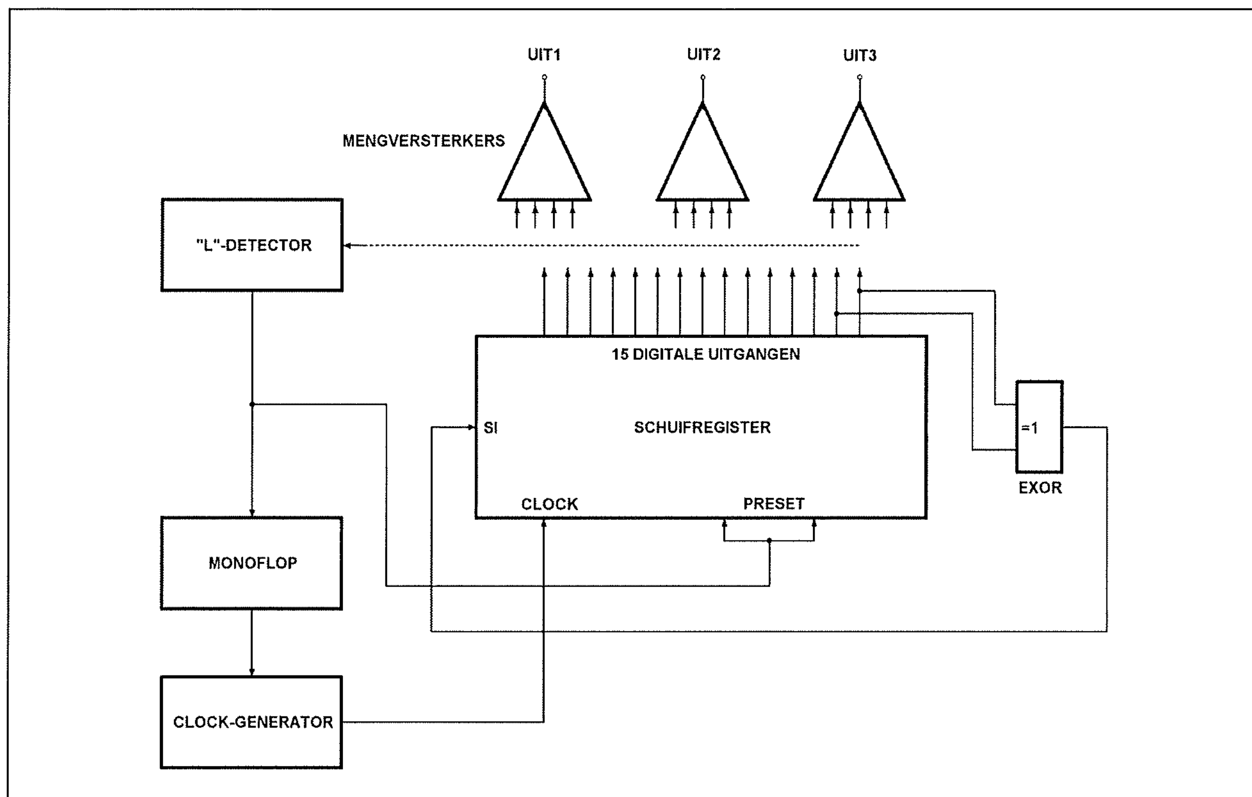


Figuur 4/15.27-13: Door het "condensateren" van de uitgangsspanning over R4 ontstaat een grillig verlopende analoge spanning die bruikbaar is voor het sturen van de kanalen van ons lichtorgel.

Het blokschema van de fluctuator

In figuur 4/15.27-14 is het volledige, maar tóch eenvoudige blokschema van het apparaat getekend.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25



Figuur 4/15.27-14: Het blokschema van de driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator.

Het schuifregister is opgebouwd uit drie IC's die elk vijf flip-flop's bevatten. Dat betekent dat de cyclusduur 32.767 clock-perioden bedraagt. Bij een klok-frequentie van 1 Hz doorloopt de schakeling dus één cyclus per negen uur en tien minuten! De 15 uitgangen sturen drie mengversterkers, die de waarde van de uitgangsspanningen op de juiste waarde brengen voor het sturen van het lichtorgel. Een laagfrequent generator (2 Hz tot 0,5 Hz) stuurt de clock van het register.

"L"-detector

Een gebrek van de schakeling moet nog verholpen worden. Als namelijk de inhoud van het totale register door bijvoorbeeld een stoorpuls "L" wordt, zal het duidelijk zijn dat de schakeling er het bijltje bij neerlegt. De EXOR krijgt dan steeds "L" pulsen aan beide ingangen, de uitgang blijft bijgevolg constant "L", zodat geen signaal wordt teruggekoppeld naar de Serial Input. Om dit mankement te verhelpen is een "L"-detector ingebouwd. Als deze schakeling een volledig leeg register constateert, wordt een preset-schakeling geactiveerd waardoor opnieuw een puls in het register wordt ingelezen. Tezelfdertijd wordt gedurende 250 ms een monostabiele puls opgewekt, die de clock-generator stuurt. Hierdoor gaat deze laatste even een zeer hoogfrequente pulstrein naar het register sturen. De pseudo-random noise generator gaat daardoor gedurende 250 ms zeer snel een gedeelte van de cyclus doorlopen. Hierdoor wordt vermeden dat de schakeling na iedere stoorimpuls zijn programma opnieuw van het begin af moet opbouwen.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

Figuur 4/15.27-15: Het volledig schema van de schakeling.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

Het praktisch schema

Het praktische schema van de lichtfluctuator wordt in figuur 4/15.27-15 voorgesteld. Drie 7496 schuifregisters vormen de random-generator. De exclusive-or poort wordt op de bekend veronderstelde wijze opgebouwd uit de vier NAND-poorten uit IC8. Een Schmitt-trigger poort (IC4) 7413 levert de clock-pulsen. Om een grote elco te vermijden, wordt de eveneens bekend veronderstelde schakeling met tussengevoegde emittervolger (T3) gebruikt. In normale omstandigheden is transistor T2 verzadigd. De clock-frequentie wordt bepaald door de elco C15 en de serieschakeling van R34 en R35. Met deze potentiometer kunt u de frequentie tussen de reeds vermelde grenzen instellen.

De tweede poort van de 7413 vormt in samenwerking met de dioden D3 tot en met D17 de "L"-detector. Gedurende de werking van de schakeling is de ingang van de poort via een of meerdere dioden met het hoge niveau verbonden. De uitgang van de poort is dus "L". Deze uitgang is verbonden met de B-ingang van een geïntegreerde monostabiele multivibrator 74121 en met de preset-ingang van het eerste schuifregister (IC5). Als door een stoorimpuls de inhoud van het register uitgewist wordt zal de ingang van de poort via de weerstand R30 met de massa verbonden worden. De uitgang wordt bijgevolg "H".

Hierdoor wordt allereerst het preset-mechanisme van IC5 in werking gesteld. De preset-A ingang is met de voedingsspanning verbonden. Door het "H" worden van de preset-enable ingang P, zal de eerste uitgang QA van het IC deze hoge informatie overnemen. Dit hoge signaal stuurt via de diode D3 de poort IC4. De uitgang wordt weer "L". Besluit is dat een nieuwe puls in het register is geïnjecteerd, de cyclus kan opnieuw starten.

De korte positieve impuls op de uitgang van de poort heeft inmiddels eveneens de monoflop IC9 geactiveerd. De pulsduur bepalende onderdelen (C14 en R31) zijn zo gekozen, dat de geïnverteerde uitgang ongeveer 250 ms "L" wordt. Het gevolg is dat transistor T2 wordt gesperd. De condensator C15 wordt losgekoppeld van de massa. De frequentie van de clock-oscillator wordt nu bepaald door de zeer kleine condensator C16. De generator oscilleert, afhankelijk van de instelling van R35, tussen 1 MHz en 2,5 MHz. Na 250 ms gaat de oscillator weer in zijn gezapig laag ritme oscilleren. Het register is weer ergens midden in zijn cyclus ingesteld. Van de paniek, door de stoorpuls in de schakeling veroorzaakt, treedt niets naar buiten.

De drie mengversterkers zijn opgebouwd uit als sommatieversterkers geschakelde op-amp's. Gekozen is voor de TAA861A analoge buffer schakelingen van Siemens. Deze zijn niet zo erg bekend, maar voldoen voor dergelijke toepassingen uitstekend. Hun enige nadeel is dat ze van hun ontwerper geen inwendige belastingsweerstand hebben meegekregen. De weerstanden R3, R4 en R5 vullen deze lacune op.

De versterking van de op-amp's wordt vastgelegd door de netwerken R6 - R7, R8 - R9 en R10 - R11. De weerstanden R15 tot en met R29 vormen de TTL-uitgangen van de random-generator om in de gewenste willekeurige spanningsvormen.

De lichtorgelschakeling van hoofdstuk 4/15.25 heeft een bepaalde dode zône. Dit wil zeggen dat de lampen slechts be-

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

ONDERDELENLIJST

WEERSTANDEN, 1/4 W, 5 %

R1,R32	1 kΩ
R2	150 Ω
R3,R4,R5	2,2 kΩ
R6,R8,R10	120 kΩ
R7,R9,R11	68 kΩ
R12,R13,R14	270 kΩ
R15 ... R29	47 kΩ
R30,R33	470 Ω
R31	33 kΩ
R34	2,7 kΩ

DRAAIPOTENTIOMETER, MONO, LIN

R35	10 kΩ

CONDENSATOREN

C1	470 µF	16 V printelco
C2	220 µF	10 V printelco
C3,C17	100 nF	MKH
C4	220 µF	16 V printelco
C5,C8,C11	47 pF	ceramisch
C6,C9,C12	100 µF	10V axiaal
C7,C10,C13	22 µF	10 V axiaal
C14	10 µF	10 V axiaal
C15	220 µF	6 V printelco
C16	220 pF	ceramisch

HALFGELEIDERS

D1	BY164
D2	6,2 V, 400 mW zener
D3 ... D21	1N4148
T1	BD137
T2,T3	BC107
IC1,IC2,IC3	TAA861A
IC4	7413
IC5,IC6,IC7	7496
IC8	7400
IC9	74121

DIVERSEN

1	NTR209 printtrafo (1 x 12 V, 500 mA)
3	Shadow of MEC drukschakelaars, 4 x OM
1	kastje TEKO CH3

ginnen te branden als de spanning op de orgelingangen reeds een bepaalde waarde heeft. De uitgangsspanningen van de schakeling moeten dus gesuperponeerd worden op een kleine positieve spanning. Hiervoor zorgen de weerstanden R12, R13 en R14. Zelfs als alle registeruitgangen, die een mengversterker sturen, “L” zijn zal door deze weerstanden de positieve ingang van de betreffende ver-

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

sterker een klein signaal voeren, waardoor de dode zône overbrugd wordt.
Met de schakelaars S2 en S3 kunt u drie verschillende integratietijden inschakelen. Zijn beide schakelaars geopend, dan verlopen de uitgangsspanningen van de schakeling trapvormig. Sluit u S3, dan worden elco's van 22 µF ingeschakeld, zodat de plotse spanningsvariaties enigszins gedempt worden. Door inschakelen van S2 of door tegelijk indrukken van beide schakelaars, verloopt de uitgangsspanning vloeiender. Welke schakelaars in praktijk bediend worden, hangt af van de ingestelde clock-frequentie en van de persoonlijke smaak.
De voeding is klassiek van opbouw. De op-amp's worden uit +12 V gevoed. De +5 V voor de digitale IC's wordt door middel van een zenerdiode D2 en een emittervolger T1 gestabiliseerd.

Opmerking

Uit de beschrijving van de lichtorgelschakeling van hoofdstuk 4/15.25 zult u zich herinneren, dat de voedingsspanning op een enigszins onortodoxe wijze wordt opgewekt. Een consequentie is dat het orgel niet werkt, als alle lampen tegelijkertijd gedurende lange tijd vol gestuurd worden. Dit treedt bij normaal gebruik van het apparaat nooit op. In combinatie met de fluctuator is deze toestand niet ondenkbaar. De +12 V van de fluctuator voedt daarom via de diode D18 het lichtorgel. De dioden D19, D20 en D21 laten toe dat u de schakeling vast met het lichtorgel verbindt. Wilt u het orgel sturen met geluid, dan volstaat het de schakeling uit te schakelen. De dioden beletten dan dat de uit het laagfrequent signaal afgeleide stuurspanningen via de laagimpedante uitgangen van de op-amp's afvloeien naar de massa.

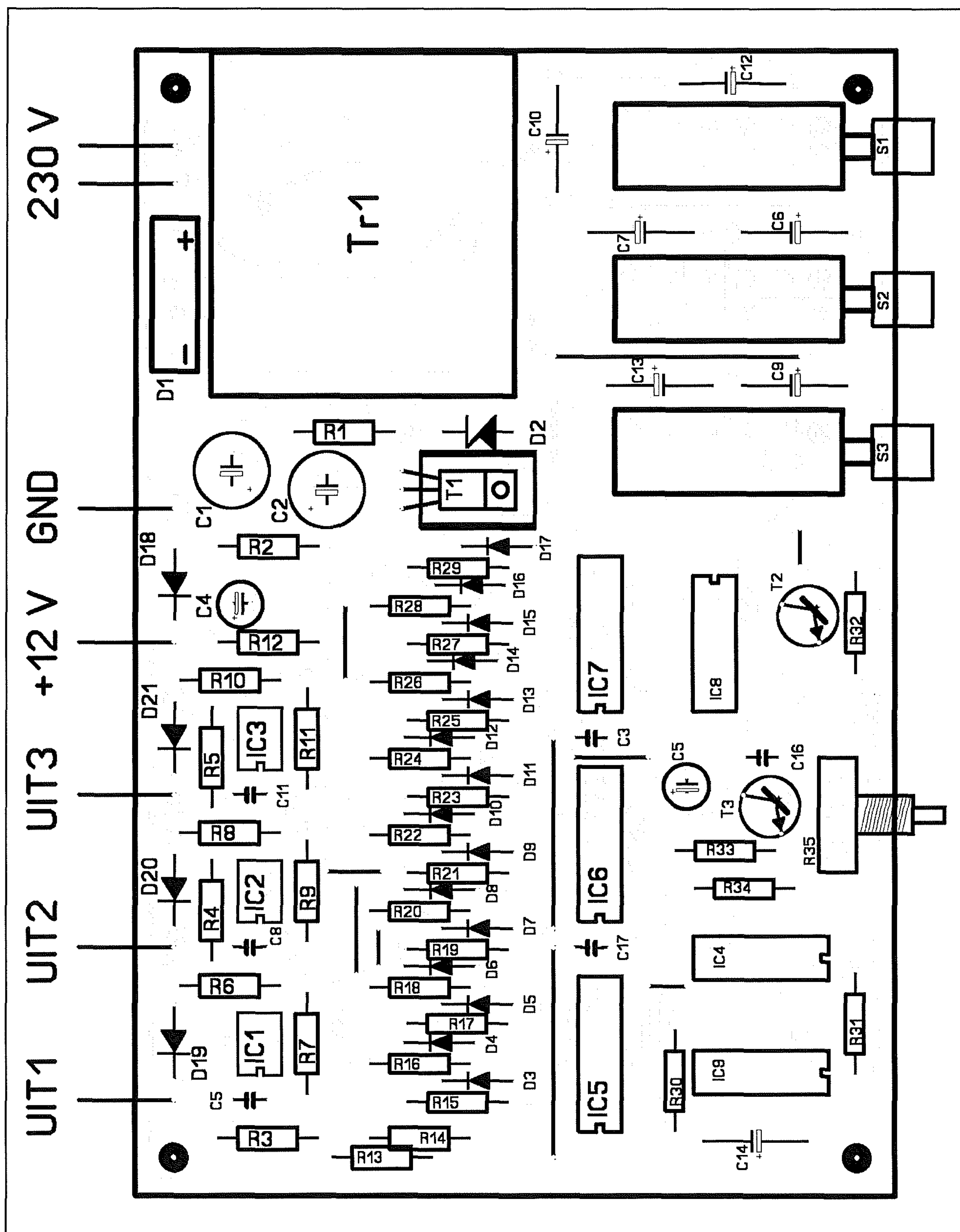
De bouw van het apparaat

In figuur 4/15.27-16, op de laatste pagina van dit hoofdstuk, is de lay-out van de print weergegeven. De componentenopstelling treft u aan in figuur 4/15.27-17.
De transistor T1 moet met tussenschakeling van een SK12 koelprofieltje van 17 mm op de print geschroefd worden.
De schakelfuncties worden uitgevoerd met de bekende druktoetsschakelaars met 5 mm contactafstand. De drie schakelaars kunnen Shadow schakelaars zijn of de al even bekende MEC-schakelaars.
De op-amp's worden door verschillende onderdelenhandelaars geleverd en zijn uitgevoerd in zespotige DIL-behuizing.
Voor de grote elco's C1, C2, C4 en C15 moeten printuitvoeringen gebruikt worden.
De afmetingen van de print zijn aangepast aan inbouw in een TEKO CH3 kastje.
De drie stuurspanningen, de +12 V en de massa kunnen door middel van een vijfaderig kabeltje naar uw lichtorgel worden gevoerd. De drie stuurspanningen worden verbonden met de printgaatjes, voorzien van de aanduidingen L, M en H. De voedingsspanning kan over elco C6 van het lichtorgel toegevoerd worden. Als alles werkt zoals het moet, wordt het beste resultaat verkregen, als u de potentiometers van het lichtorgel in het midden van hun bereik instelt.

Levensbelangrijke opmerkingen

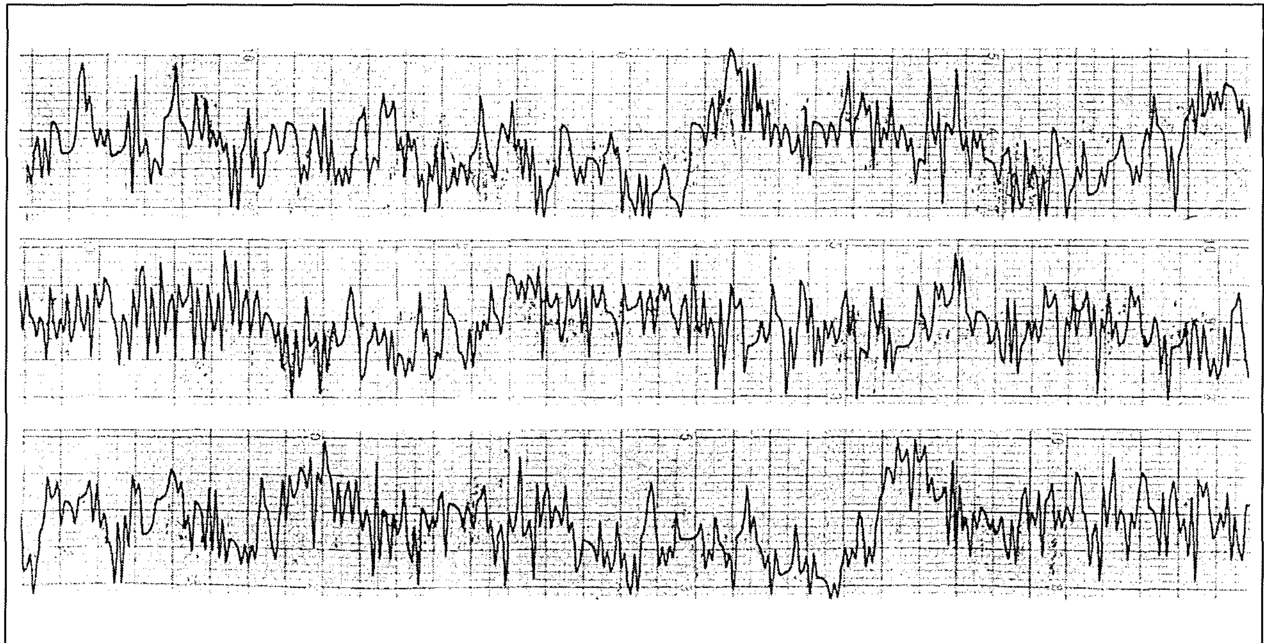
De fluctuator wordt via de lichtorgelschakeling rechtstreeks met het net verbonden. Het is dus absoluut verboden het metalen TEKO kastje met de massa van de schakeling te verbinden!
Gebruik, alweer uit veiligheidsoverwegingen, voor de draaipotentiometer R35 een exemplaar met een kunststof as!

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25



Figuur 4/15.27-17: De componentenopstelling van de schakeling.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

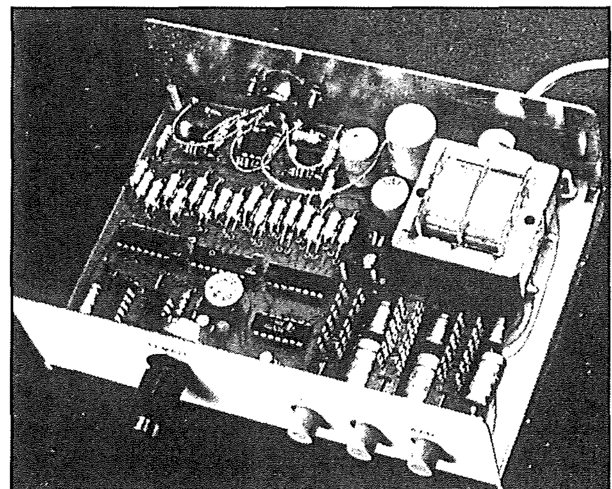


Figuur 4/15.27-18: De drie uitgangsspanningen van de schakeling, gemeten over een periode van acht uur.

Resultaten

Wij hebben de drie analoge uitgangsspanningen van de schakeling weergegeven op ouderwetse X/t-recorders die de resultaten door middel van een pen op een strook papier weergeven. In figuur 4/15.27-18 ziet u de resultaten. Het lijkt alsof de uitgangsspanningen heel snel variëren, maar als u bedenkt dat deze stroken papier het resultaat zijn van acht uur meten, kunt u de resultaten in het juiste perspectief zien. U ziet dat de uitgangsspanningen inderdaad op het oog volledig willekeurig variëren, ondanks het feit dat u ondertussen weet dat dit niet het geval is. Heel mooi blijkt ook dat de spanningen vaak binnen een paar minuten van minimaal naar maximaal variëren, hetgeen het kleurenspel uiteraard ten goede komt.

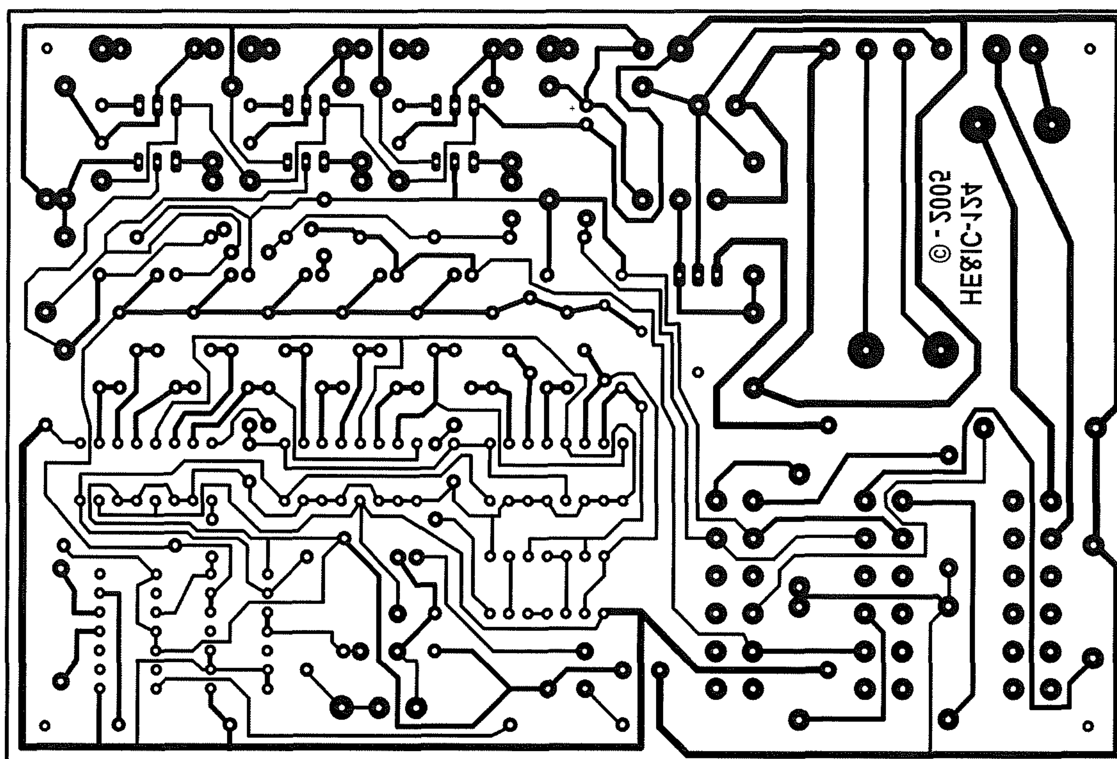
In figuur 4/15.27-19 ziet u ons prototype, ingebouwd in de voorgestelde behuizing. Wij hebben de vijf uitgangen via een ouderwetse vijfpolige DIN connector naar buiten gebracht en deze vijf adertjes via een zelfde connector weer in het lichtorgel ingevoerd.



Figuur 4/15.27-19: Het proto-type van de schakeling.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25



Figuur 4/15.27-16: De print voor de schakeling.

HOE MAAKT U DEZE PRINT?

OPTIE 1: zelf maken

U scant deze pagina en drukt deze met een inkjet-printer af op A4 formaat op transparante folie. U knipt de print uit en belicht er de fotogevoelige printplaat mee.

OPTIE 2: via Internet

Op **www.hobbyelektronica.nu** selecteert u uit het linker menu de optie “Printservice”. In het rechter venster selecteert u het hoofdstuknummer. U kunt nu de print als TIF-file downloaden. U opent deze file in een beeldbewerkingsprogramma en drukt deze met de op de Internet-pagina aangegeven afmetingen op transparante folie af. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

OPTIE 3: bestellen

U stuurt een **ONGEFRANKEERD** briefje naar Vego VOF, Antwoordnummer 30020, 6374 ED Landgraaf, met vermelding van het hoofdstuknummer. U krijgt per kerende post het printontwerpje op transparante folie **GRATIS** toegestuurd. U belicht hiermee de fotogevoelige print.

15.27 Driekanaals semi-willekeurige lichtfluctuator voor 4/15.25